

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Sicherheits- & Entsorgungs- Handbuch

für die Studierenden und Lehrlinge an der ETH Zürich

ALARM Tel.: 888 (von extern 044 342 11 88)

Abteilung SGU
Sicherheit, Gesundheit und Umwelt

www.sicherheit.ethz.ch
safety@su.ethz.ch

HCH E
Hochstrasse 60
8092 Zürich

Tel: (044 63) 2 30 30

Vorwort

Unfälle bedeuten für die Betroffenen immer Schmerzen und sind sowohl für den Verunfallten als auch für den Betrieb einen Verlust.
Das vorliegende Sicherheits- und Entsorgungshandbuch soll Ihnen Hinweise auf die zu beachtenden Vorsichtsmassnahmen in den einzelnen Fachbereichen geben. Die thematisch geordneten Kapitel erlauben ein rasches Auffinden der wichtigsten Informationen. Mit dem vorliegenden Handbuch möchten wir Sie in die Lage versetzen, Ihre Ausbildung an der ETH unfallfrei zu beenden. In Ihrer beruflichen Zukunft bietet Ihnen das Handbuch Grundlagenwissen im Sicherheitsbereich, welches Ihnen, sowohl als Angestellter als auch in einer Vorgesetztenfunktion, sicherheitsbewusstes Arbeiten erlaubt.

Wir wünschen Ihnen ein unfallfreies Studium an der ETH Zürich.

Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (SGU)

Herausgeber:

Eidg. Technische Hochschule Zürich
Sicherheit, Gesundheit und Umwelt
Hochstrasse 60, HCH E
8092 Zürich

11. Auflage: Juli 2009

H A L L O !

ICH BIN DEIN SICHERHEITS- UND ENTSORGUNGS-HANDBUCH



Wie soll ich eingesetzt werden:

- **Meine Kapitel 1 und 2 behandeln die Grundlagen der generellen Sicherheitsvorkehrungen**
- **Die Kapitel 3 bis 10 enthalten die spezifischen Hinweise für das entsprechende Praktikum**
- **Ich diene auch themenübergreifend als Nachschlagewerk**

zum Thema Sicherheit:

2001 wurden der SUVA insgesamt 758 Unfälle (Nicht- und Berufsunfälle) von Angestellten der ETH Zürich (ETHZ) gemeldet, darunter 44 Berufsunfälle und 182 Nichtberufsunfälle mit mehr als drei Tagen Arbeitsunfähigkeit.

Auch wurden 2001 der Abteilung Sicherheit zehn Schnitt- und zwei Augenverletzungen durch Chemikalienspritzer bei StudentInnen gemeldet. Da die meisten StudentInnen privat unfallversichert sind und keine Meldung abgeben, dürfte die Gesamtunfallzahl jedoch höher liegen.

Deshalb möchte ich Dir dabei helfen, Gefahren, denen Du während praktischen Arbeiten in Laboratorien oder Werkstätten ausgesetzt bist, besser abschätzen zu können, um so Unfälle zu vermeiden.

Ich möchte Dir weder Angst einjagen noch Dich bevormunden!

Ich möchte Dir dabei helfen, weder Dich selbst noch andere StudentInnen oder Angestellte der ETHZ unnötig zu gefährden. Ich stelle Dir Informationen zur Verfügung, durch die Du Gefahren besser einschätzen, die nötigen Vorsichtsmassnahmen treffen und so Unfälle vermeiden kannst. Deshalb kannst Du sicherer und auch selbständiger arbeiten, wenn Du die entsprechenden Kapitel vor dem Beginn einer praktischen Arbeit anschaust!

Also dann, nichts wie los!

In Kapitel 1 informiere ich Dich über die gesetzlichen Grundlagen und allgemein über die Möglichkeiten zu Deinem persönlichen Schutz. Die wichtigsten Erste-Hilfe-Massnahmen und die Lage der Notfallstationen (falls doch einmal etwas schief gehen sollte) findest Du in Kapitel 2. Über das richtige Verhalten im Umgang mit verschiedene Medien und technischen Geräten bei Unfällen kannst Du Dich in Kapitel 3 bis 10 informieren.

Nach dieser Lektüre bist Du gewappnet für Deine Praktika und Deine Diplom- oder Doktorarbeit und Dir (und Deinen KommilitonInnen) kann eigentlich (fast) nichts mehr passieren!

zum Thema Entsorgung:

An der ETHZ entstanden 2001 insgesamt über 250 Tonnen speziell zu entsorgende Abfälle, darunter rund 50'000 Liter organische Lösungsmittel, 4'350 Liter saure Metallsalzlösungen, 2'570 Kilo anorganische Laborchemikalien und 39’500 Kilo Glas.

Genau wie Du zu Hause Glas, Papier, Metalle und Sondermüll (Batterien, Medikamente etc.) vom sonstigen Abfall trennst, kannst Du auch hier an der ETHZ einen Beitrag zum Umweltschutz leisten, indem Du meine Ratschläge zur Entsorgung von Abfällen in den Kapiteln 3 bis 10 befolgst. Es ist eigentlich genau so einfach wie bei Dir zu Hause und hoffentlich auch genau so selbstverständlich!

Also dann, ich hoffe, wir sehen uns noch oft und ich kann alle Deine Fragen beantworten!

Dein Sicherheits- und Entsorgungs-Handbuch

INHALTSVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINE VORSICHTSMASSNAHMEN

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Studierende an der ETHZ unterstehen unter anderem der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV), die 1983, gestützt auf das Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG), erlassen wurde. Wichtig ist für Dich vor allem der Artikel 11, in welchem die Pflichten des Arbeitnehmers beschrieben werden. Dieser Artikel verpflichtet Dich, die in diesem Handbuch beschriebenen allgemein anerkannten Sicherheitsregeln zu berücksichtigen, die persönliche Schutzausrüstung (z.B.. Schutzbrillen) konsequent zu benützen und Mängel sofort zu beheben oder zu melden. Artikel 44 verpflichtet Dich, im Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen die notwendigen Sicherheitsmassnahmen zu treffen. In den Artikeln 3 bis 10 wird umgekehrt die ETHZ als Arbeitgeberin verpflichtet, für einen sicheren Betrieb zu sorgen, indem sie z.B. persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung stellt und Dich über mögliche Gefahren aufklärt. Diese Aufgaben übernimmt an der ETHZ die Abteilung Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (Abt. SGU).

Bei der Arbeit mit Medien und Geräten sind verschiedene gesetzliche Vorschriften wie das Giftgesetz, die Stoffverordnung oder die Strahlenschutzverordnung relevant. Sie enthalten auch Bestimmungen zur korrekten Entsorgung von Abfällen. Besonders wenn Du im Rahmen einer Diplom- oder Doktorarbeit selbständig in Laboratorien oder Werkstätten arbeitest, ist es empfehlenswert, einen Blick in die für Dein Fachgebiet massgebenden Vorschriften zu werfen, damit Du im Schadensfall keine unangenehmen Überraschungen (z.B. bezüglich Haftung) erlebst, **denn jede/r ist entsprechend seiner Ausbildung für seine Handlungen verantwortlich.**

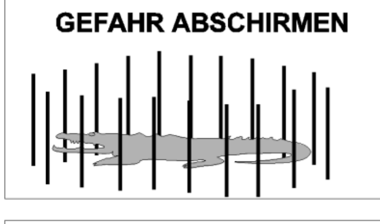
1.2 Möglichkeiten zum persönlichen Schutz

Unfälle können vermieden werden! Informationen dazu findest Du in diesem Handbuch. Dabei wird jeweils nach dem **„3-Stufen-Prinzip“** vorgegangen:

1. Stufe: GEFAHR BESEITIGEN
(Alternativen suchen)



2. Stufe: GEFAHR ABSCHIRMEN
(Sicherheitsvorkehrungen)



3. Stufe: MENSCHEN SCHÜTZEN
(Verhaltensvorschriften)



Die Schutzwirkung nimmt, insbesondere bezüglich der Zuverlässigkeit, von oben nach unten ab. Erst als letzte Stufe, wenn eine Beseitigung oder Abschirmung einer Gefahr nicht möglich ist, dient Dir als Schutz einerseits sicherheitsgerechtes Verhalten und andererseits das Tragen spezieller Schutzausrüstungsgegenstände. Nachfolgend werden diese Möglichkeiten zum persönlichen Schutz näher beschrieben.

1.2.1 Augenschutz

Die Augen können durch mechanische Einwirkung, Hitze, Chemikalien oder Energiestrahlen verletzt werden.

Die Erfahrung zeigt, dass an der ETHZ vor allem der Umgang mit chemischen Stoffen und in neuerer Zeit auch die Arbeit mit Energiestrahlen (Laser) zu Augenverletzungen führen können. Solche Verletzungen lassen sich in den meisten Fällen durch das Tragen von geeigneten **Schutzbrillen** verhindern. Schutzbrillen haben relativ grosse, speziell bruchsichere Gläser und einen schlagsicheren, hitzebeständigen Rahmen. Wichtig ist selbstverständlich ausserdem das sicherheitsbewusste Verhalten im Umgang mit Chemikalien oder Energiestrahlen.

Falls Du im Rahmen Deines Studiums ein Chemiepraktikum absolvierst, erhältst Du von der ETHZ eine Schutzbrille (s. unten). Diese Brille schützt Deine Augen besser als eine gewöhnliche Korrekturbrillen, da sie neben den bereits erwähnten Sicherheitsgläsern und -rahmen ausserdem einen Seitenschutz hat. Bei der Arbeit mit grösseren Mengen stark ätzender Säuren oder Laugen solltest Du eine geschlossene Schutzbrille (s. unten) und ein Gesichtsschutzschild tragen.



Abb. 1.1: Schutzbrille mit Sicherheitsgläser und Seitenschutz



Abb. 1.2: geschlossene Schutzbrille

Linsen solltest Du bei der Arbeit mit Chemikalien **nicht tragen**, da sie einerseits die Wirkung von zwischen Linse und Auge eingedrungenen Chemikalien verstärken und andererseits die Entfernung der Linsen selbst durch gewisse Chemikalien stark erschwert wird!
Bei der Arbeit mit Lasern werden Dir spezielle Laserschutzbrillen zur Verfügung gestellt, die jedoch nur vor jeweils einer bestimmten Wellenlänge Schutz bieten.

1.2.2 Hautschutz

Die Haut kann durch mechanische Einwirkungen, wie Hitze, Kälte, Chemikalien, Mikroorganismen oder Energiestrahlen geschädigt werden. An der ETHZ kannst Du mit allen Gefahrenquellen in Kontakt kommen. Der Hautschutz, welcher mindestens aus einer Handcrème oder Handschuhen besteht, muss deshalb den jeweiligen Gefahrenquellen angepasst werden. Auch hier steht das sicherheitsgerechte Verhalten an erster Stelle.

Eine der häufigsten mechanischen Verletzungen, die Schnittwunde an den Händen, lässt sich einerseits durch die Verwendung von Handschuhen beim Umgang mit Glasgeräten und andererseits durch die richtige Schneidtechnik verhindern. Wichtig bei der Arbeit mit Gefahrenstoffen ist ausserdem eine gründliche Pflege der Haut vor und nach der Arbeit im Labor.

1.2.3 Schutzkleidung

Schutzkleidung wie etwa ein Labormantel ist wichtig, um den ganzen Körper oder auch die Kleidung gegen störende oder schädliche Einwirkungen wie Schmutz oder Chemikalien zu schützen resp. bei einer Kontamination oder einem Brandherd möglichst rasch entfernen zu können. In Reinräumen ist Schutzkleidung Voraussetzung, um die Verschmutzung der Reinräume durch Strassenstaub etc. zu verhindern. In Reinräumen ist deshalb das Tragen von speziellen Schutzanzügen obligatorisch. In chemischen Praktika und Werkstätten ist das Tragen eines Labormantels entweder vorgeschrieben oder empfohlen.

1.2.4 Gehörschutz

Gehörschutz kann an der ETHZ, insbesondere in Werkstätten oder im Bereich Maschinenlabor, nötig werden. Denk daran, dass Gehörschäden in jedem Fall irreversibel sind!

Zum Schutz des Gehörs gibt es verschiede Gehörschutzpfropfen oder -kapseln. Wichtig ist, dass sie konsequent getragen werden, da ihre Schutzwirkung sonst stark vermindert wird. Beispielsweise ist jemand, der bei einem Lärm von 100 dB(A) arbeitet und während 10 % der Arbeitszeit keinen Gehörschutz trägt, immer noch einer (schädlichen) Lärmbelastung von 90 dB(A) ausgesetzt. Die SUVA hat Dauerschalldruckpegel (L_{eq}) ab 88 dB(A) während mindestens acht Stunden pro Tag als gehörgefährdend eingestuft (SBA Nr. 147).

1.2.5 Atemschutz

Die Atemwege und Lungen können durch Staub, Chemikaliennebel oder -dämpfe und verschiedene Gase geschädigt werden. Gase oder Dämpfe können nach dem Einatmen auch schädlich auf das zentrale oder periphere Nervensystem oder verschiedene Organe wie Leber oder Niere wirken.

Auch hier steht sicherheitsbewusstes Verhalten an erster Stelle der Unfallverhütung. So sollten chemische Reaktionen, bei denen schädliche Dämpfe oder Gase entstehen können, grundsätzlich in den Kapellen durchgeführt werden: Die Kapellen müssen eingeschaltet sein und die Frontscheiben wann immer möglich geschlossen werden. Informiere Dich insbesondere vor Beginn der Reaktion, welche Stoffe entstehen könnten, da einige gefährliche Gase wie etwa Kohlenmonoxid geruchlos sind!

Bei mechanischen Arbeiten kannst Du z.B. die Werkstücke benetzen, um die Entstehung von Staub zu verhindern. Ist dies nicht möglich, muss für eine Quellenabluft gesorgt werden. Die Möglichkeiten für den Atemschutz reichen von einer einfachen Staubmaske über Halbmasken zur Vollmaske mit den entsprechenden Schutzfiltern. Falls keine ausreichende Sauerstoffversorgung gewährleistet ist, kann diese durch den Einsatz von Pressluftatemgeräten sichergestellt werden.

Literatur:
Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (Verordnung über Unfallverhütung, VUV); 19. Dezember 1983
Schweizerische Blätter für Arbeitssicherheit (SBA), Nr. 12: Berufliche Lärmschwerhörigkeit; Schweizerische Unfallversicherungsgesellschaft (SUVA); Luzern; 1988
SBA, Nr. 85: Der Augenschutz; SUVA; 11. Auflage; Luzern; 1990
SBA, Nr. 147: Der persönliche Gehörschutz; SUVA; 1. Auflage; Luzern; 1988
SBA, Nr. 122: Hautschutz; SUVA; 6. Auflage; Luzern; 1992

Feuer – was tun?
Fire – how to react?

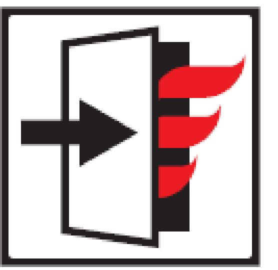
1. Alarmieren
Call 'S.O.S.'



2. Personen retten
Rescue all people



3. Türen schliessen
Close all doors



4. Brand bekämpfen
Fight the fire



Alle Notfälle / All emergencies: 888

ETH Zürich, Abt. Sicherheit / safety@su.ethz.ch / www.sicherheit.ethz.ch

Unfall – was tun?
Accident – how to react?

1. Verletzungsart > Alarmieren
Kind of injury > Call 'S.O.S.'

immer 888 always



Schwerer Unfall
Severe accident

0-144



Vergiftung
Poisoning

0-145



2. Nothilfe leisten (ABC,...)
First Aid (ABC,...)



Alle Notfälle / All emergencies: 888

ETH Zürich, Abt. Sicherheit / safety@su.ethz.ch / www.sicherheit.ethz.ch

2. ERSTE HILFE

In den Korridoren/Treppenhäusern stehen **Erste-Hilfe-Beutel** (Zip-Bag) zur Verfügung. Orientiere Dich vor Arbeitsbeginn über die Standorte. Verbrauchte Materialien können bei der Loge des Gebäudebereichs oder der Abteilung Sicherheit (safety@su.ethz.ch) bezogen werden.

2.1 Bergung

Als erstes muss das Opfer aus dem Gefahrenbereich gebracht resp. von der Gefahrenquelle getrennt und die **lebensrettenden Sofortmassnahmen** getroffen werden!

In jedem Fall als oberstes Gebot den Selbstschutz beachten!

- Bei Unfällen mit Strom:	Strom unterbrechen (ausschalten, Stecker ziehen oder Sicherung entfernen). Ist das nicht sofort möglich, Opfer durch nichtleitenden Gegenstand (z.B. Holzlatte) von unter Spannung stehenden Teilen trennen oder an der Kleidung wegziehen; dabei selber isoliert stehen (z.B. trockenes Brett, dicke Zeitung) und sonst nichts berühren (Wand, andere Person etc.)! Evtl. weiter bei 2.3 oder 2.4
- Bei Unfällen mit Gas oder giftigen Dämpfen:	Bergung nur mit Atemschutz. Opfer sofort an die frische Luft bringen, evtl. weiter bei 2.3
- Bei Brandunfällen:	Brennende Person aufhalten und löschen (Notdusche, Löschdecke, Tücher, insb. bei synthetischen Stoffen nie mit der Hand!), weiter bei 2.8
- Bei Verätzungen:	Verunreinigte Kleidung sofort ausziehen, weiter bei 2.9

Allgemein folgendes beachten:
- Atmung und Puls überprüfen (siehe 2.3)
- vor Witterungseinflüssen schützen (z.B. zudecken)
- Frischluftzufuhr ermöglichen
- Beengende Kleidung öffnen

2.2 Alarmierung

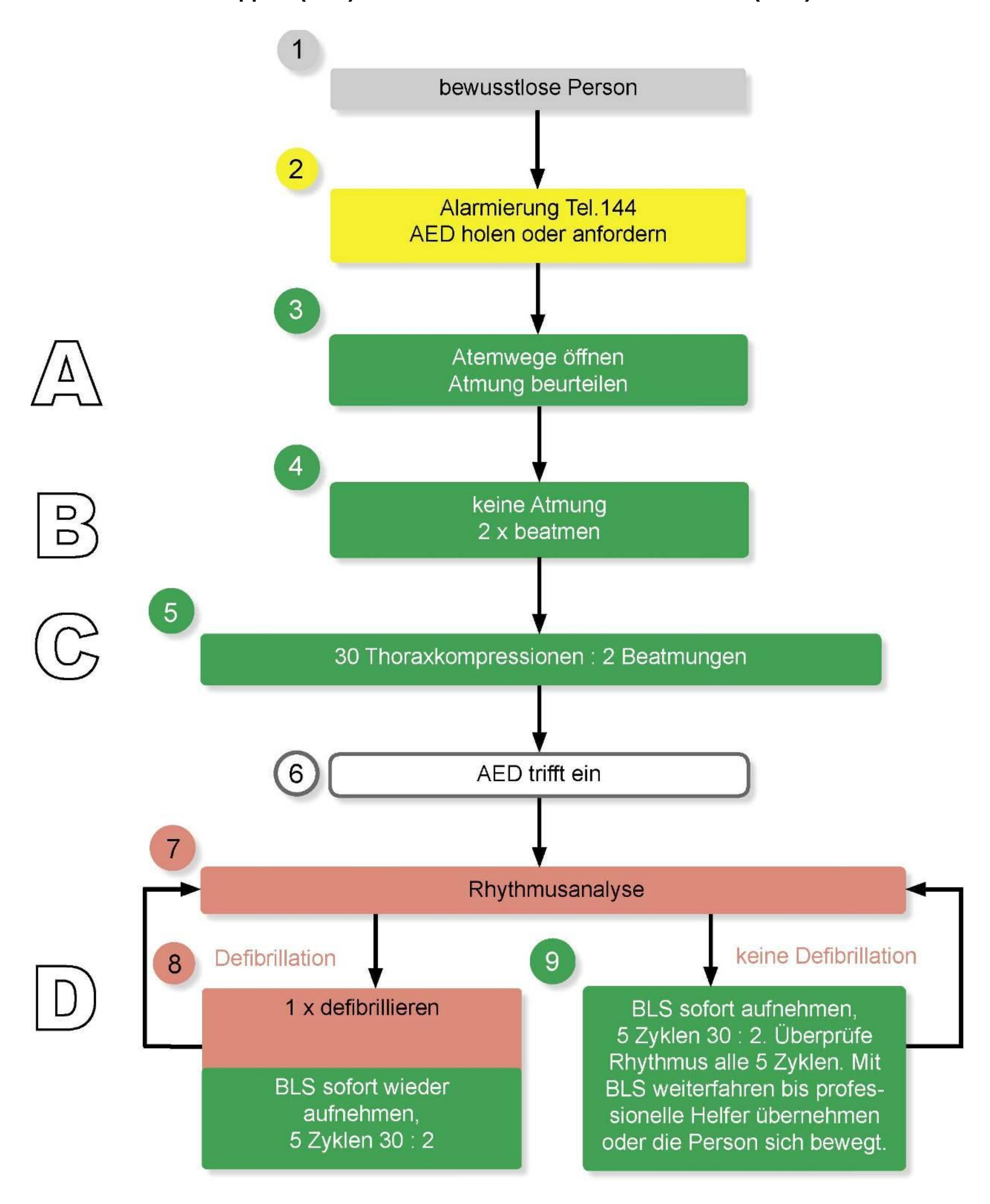
Den Unfall sofort einer Aufsichtsperson melden. Falls nötig die entsprechenden **Notfallnummern** anrufen (von fast jedem internen Apparat aus möglich):

Alarmzentrale **Tel. 888 (24 h)** von extern 044 342 11 88	**Unterstützt Tag und Nacht bei Notfällen. Bei Sachschäden oder schwereren Verletzungen auf jeden Fall beiziehen!**

Feuerwehr	**0-118**
Sanität	**0-144**
Polizei	**0-117**

Das Sanitätsfahrzeug muss eingewiesen werden.
Im **Brandfall** auch **das Merkblatt „Es brennt - Was tun?“ beachten.**

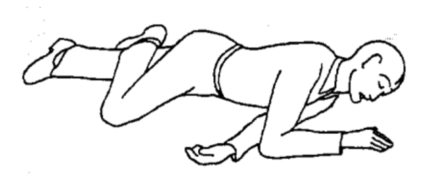
2.3 *Atemstillstand, Herz-Kreislauf-Stillstand*



BLS- und AED- Algorithmus für Erwachsene (Übersetzt nach AHA / Circulation 2005;112:IV-22) Scherrer/Schuhwerk
23.6.2006
www.resuscitation.ch

2.4 Lagerung eines Bewusstlosen

Um eine mögliche Erstickung durch Fremdkörper oder die nach hinten fallende Zunge zu vermeiden, müssen **Bewusstlose sofort seitlich** gelagert werden (siehe unten). Es muss kontrolliert werden, ob die **Atemwege frei** sind. Fremdkörper sofort entfernen!



2.5 Blutende Wunden

- Kleine Schnittwunde:	ausbluten lassen, Desinfektion, Verband
- Grosse Schnittwunde:	evtl. Blutstillung (siehe unten), Deckverband, Arzt
- Stichverletzungen:	sind **gefährlich!** Steckendes Objekt wenn möglich nicht herausziehen, unbedingt ärztliche Behandlung
- Fingerverletzungen:	Fingerringe sofort ausziehen. Falls die Verletzung nicht eindeutig harmlos ist, immer in ärztliche Behandlung begeben.

Blutstillung

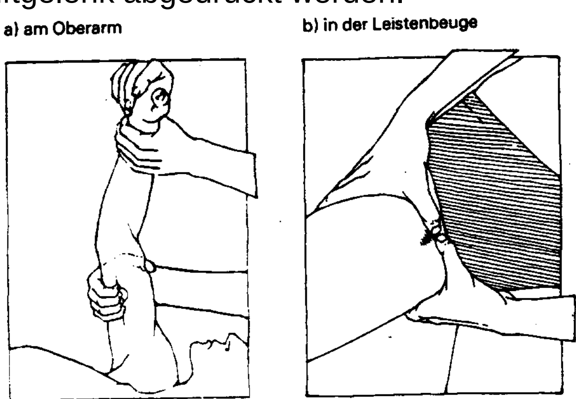
- Blutendes Körperteil soweit wie möglich hochhalten
- Druckverband anlegen:

  dickes Druckpolster auf eine Kompresse drücken und mit Binde oder Krawatte aus zusammengefaltetem Dreiecktuch festbinden.

Falls die Blutung nicht aufhört:

- Zweiten Druckverband über den ersten anlegen
- Zusätzlicher Fingerdruck:

  Arterie in Richtung Herz auf den darunter liegenden Knochen drücken (siehe unten). Die Oberschenkelschlagader kann ggf. auch durch maximales Beugen im Hüftgelenk abgedrückt werden.



- Falls ein Abdrücken der Arterie nicht möglich ist, kann auch ein Finger oder die Faust direkt in die Wunde gepresst werden

Sicherung der Blutstillung:

- Deckverband bei leichteren Blutungen (evtl. kurzzeitiger Fingerdruck auf den Verband)
- Druckverband bei stärkeren Blutungen (siehe oben), falls ungenügend, Hochlagerung steigern, ruhig stellen. In ärztliche Behandlung begeben.

Bei starken Blutungen besteht die Gefahr des Schocks! (siehe unten)

2.6 Schock

Folgende **Symptome** weisen auf einen Schock hin (nicht immer alle oder gleichzeitig):

- kalter Schweiss auf der Stirn, auffallende Unruhe
- fahle Blässe, kalte Haut (insb. an den Extremitäten)
- schneller und schwächer werdender, schliesslich kaum tastbarer Puls

Falls das Opfer diese Symptome aufweist, **muss als erstes die Blutung gestillt** werden. Den Patienten flach lagern. Ausserdem müssen Wärmeverlust vermieden, Puls und Atmung kontrolliert und Orientierungsfragen gestellt werden. In ärztliche Behandlung begeben.

2.7 Augenverletzungen

Wenn **Chemikalien** in die Augen gelangt sind, müssen diese mindestens 10 bis 15 Minuten mit Hilfe einer Augendusche oder leise fliessendem Wasserstrahl lauwarm gespült werden. Dabei sollte eine zweite Person die Augen des Opfers offen halten. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen müssen sofort entfernt werden.

Besonders sorgfältig und lang muss die Augenspülung nach Kontakt mit folgenden Substanzen gespült werden:
- Flussäure
- Alkalische Verbindungen (Natron-, Kalilauge, Ammoniak, Amine etc.)

Niemals versuchen, eingedrungene Substanzen mit anderen Chemikalien zu neutralisieren!
Opfer erst **nach** der Spülung zur Augenklinik bringen (Plan siehe S. 12).

Wenn **Fremdkörper** (z.B. Glassplitter) in die Augen eingedrungen sind, muss:
- das Opfer daran gehindert werden, sich die Augen zu reiben
- falls nötig eine Augenspülung wie oben beschrieben durchgeführt werden.
- Nur lose sitzende Fremdkörper dürfen z.B. mit der Ecke eines sauberen Tuches (nie mit einer Pinzette) entfernt werden. **Nie versuchen, festsitzende Fremdkörper zu entfernen!**
- Opfer **liegend** in die Augenklinik transportieren.

2.8 Verbrennungen

Nach dem Löschen Kleidung, die nicht an der Haut festklebt, sofort entfernen. Verbrannte Hautpartie sofort mit kaltem Wasser kühlen, bis Schmerzlinderung eintritt (20 bis 30 Minuten). Erst danach weiterbehandeln (lassen)!

- Haut nur gerötet: Evtl. Kühlung wiederholen, wenn erneut Schmerzen auftreten; ärztliche Behandlung, falls grossflächig
- Blasenbildung: Keine Salben verwenden! Blasen nicht aufstechen, ärztliche Behandlung.

2.9 Verätzungen

Verunreinigte Kleidung, sofort ausziehen, nicht mehr benützen. Betroffene Partien mit viel Wasser spülen. Organische Substanzen mit Seifenwasser, niemals mit Lösungsmitteln (Alkohol etc.) entfernen.

Ansonsten wie bei Verbrennungen vorgehen (siehe 2.8).
Falls die Gefahr einer perkutanen Vergiftung besteht, siehe 2.10.

2.10 Vergiftungen

Im Falle einer Vergiftung ist es für die richtige ärztliche Behandlung wichtig, dass eine Probe des Giftes (Substanz, Gasprobe, Erbrochenes etc.) sichergestellt wird! Das Schweizerische **Toxikologische Informationszentrum** (TOX **0-145**) gibt Auskunft über die geeigneten Erste-Hilfe-Massnahmen.

Orale Vergiftungen
Grundsätzlich können orale Vergiftungen durch die Anwendung von Giftballons, Pipettierhilfen etc. ausgeschlossen werden!
Bei der Behandlung oraler Vergiftungen werden 2 Substanzklassen unterschieden:

1. **Gewöhnliche Gifte** (Metallsalze, organische Substanzen, Insektizide etc.) und **nicht mit Wasser mischbare Lösungsmittel** (Benzol, Toluol, Petrol, Äther etc.)
   Brechreiz so schnell wie möglich auslösen, und zwar entweder durch mechanische Reizung der Rachenwand oder durch die Eingabe von lauwarmem Kochsalzwasser (ca. 3 gehäufte Kaffeelöffel Salz pro Glas). So oft wiederholen, bis das Erbrochene klar ist. Anschliessend ärztliche Behandlung.
2. **Ätzende Flüssigkeiten** (Säuren, Laugen etc.)
   Sofort soviel Wasser wie möglich trinken lassen, auf keinen Fall Brechreiz hervorrufen, ärztliche Behandlung.

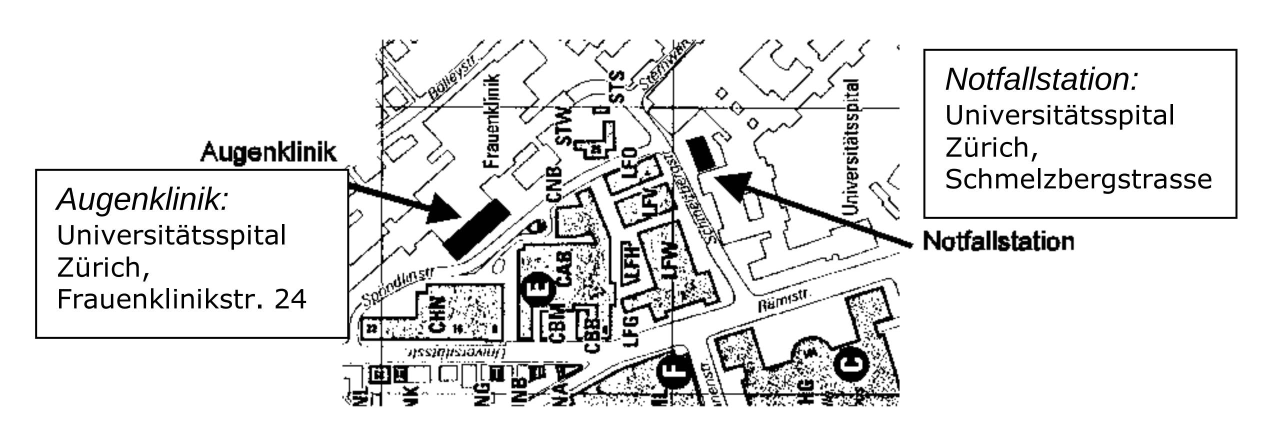
Wichtig:
- **Bewusstlosen nichts zu trinken geben, sie könnten daran ersticken!**
- **Nie versuchen, die verschluckte Chemikalie mit einer anderen zu neutralisieren!**

Perkutane Vergiftung
Betroffene Hautpartien sofort freilegen und gut mit Seifenwasser waschen, ärztliche Behandlung.

Gasvergiftung
Nach der Bergung des Opfers aus der Gefahrenzone Frischluftzufuhr gewährleisten, Opfer ruhig halten und Atmung überwachen. Beim Bewusstlosen ABC-Schema anwenden (siehe 2.3) Mit dem Sanitätsfahrzeug (Tel. 0-144) ins Spital bringen.

2.11 Notfallstationen

Falls nur leichtere Verletzungen vorliegen, kann das Opfer **in Begleitung einer weiteren Person** die Notfallstation selbständig aufsuchen. Bei Augenverletzungen direkt in die Augenklinik!



Literatur:
Swiss Resuscitation Council, REA2000 2006: BLS- und AED- Algorithmus für Erwachsene (Übersetzt nach AHA / Circulation 2005;112:IV-22) Scherrer/Schuhwerk 23.6.2006
Bundesverband der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (BAGUV); Abteilung Unfallverhütung und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien; Einführung für Studenten; Kapitel 11; 2. Auflage; Deutschland, 1988
Kühn; Birett: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe; Band 5 und 6, ecomed; Landsberg/Lech; Loseblattsammlung ab 1975
Roth; Daunderer: Giftliste; Giftige, gesundheitsschädliche, reizende und krebserzeugende Stoffe; Band 1; Teil I (Notfallhilfe); 5. Auflage; ecomed; Landsberg/Lech; 1981

3. ARBEITEN MIT CHEMIKALIEN

Dieses Kapitel hilft Dir, Dich im Umgang mit Chemikalien sicherheitsgerecht zu verhalten, Gefahrenquellen zu erkennen und so Unfälle (die oft durch Unwissenheit oder falsches Verhalten verursacht werden) zu vermeiden.

Was aus einer vermeintlich harmlosen Situation entstehen kann, zeigt folgendes Beispiel:
In einem Mikrobiologielabor arbeitete ein Student mit einer Impföse, um Mikroorganismen auf einem Nährmedium zu verteilen. Um die Öse zu desinfizieren, tauchte er sie zwischen den Arbeitsschritten in eine Schale mit 70-prozentigem Alkohol und flammte sie anschliessend mit einem Bunsenbrenner ab. Dabei geriet er mit der Schale zu nahe an die Flamme des Bunsenbrenners und der Alkohol entzündete sich. Der Student liess die Schale fallen. Dadurch entzündete sich die ebenfalls in der Kapelle stehende Alkoholflasche. Die Folgen zeigt die untenstehende Fotografie des Unfallortes. Der Student wurde glücklicherweise nicht verletzt.



Abb. 3.1: Folgen eines Laborbrandes durch unsachgemässen Umgang mit brennbaren Chemikalien

Im Abschnitt 3.1 erhältst Du Hinweise zum allgemeinen Verhalten im Chemielabor. In zwei separaten Kapiteln werden Reaktionen unter erhöhtem Druck und das Arbeiten in Reinräumen behandelt.
Der Abschnitt 3.4 enthält Informationen über Gefahrenpotentiale und toxikologische Eigenschaften ausgewählter Chemikalien sowie Hinweise zur Ersten Hilfe.
Hinweise zur Entsorgung von Chemikalien findest Du im Abschnitt 3.5

3.1 Sicheres Arbeiten mit Chemikalien

3.1.1 Allgemeines Verhalten

➔ Arbeite **nie alleine** im Labor.

➔ Wegen der Brandgefahr und wegen der Gefahr oraler Vergiftungen ist im Chemielabor **Rauchen generell untersagt**.

➔ **Ess- und Trinkwaren** dürfen nicht im Labor aufbewahrt oder konsumiert werden.

Lebensmittel, die zu Versuchszwecken im Labor verwendet werden, sind mit folgendem Zeichen zu versehen:



➔ **BesucherInnen** haben nur mit ausdrücklicher Bewilligung der/des Assistenten/in Zutritt zum Labor. Statte Sie in jedem Fall zu Ihrer eigenen Sicherheit mit einer **Besucherbrille** aus.

➔ Am Abend Fenster und Kippflügel schliessen, sämtliche Medien (Wasser, Gas, Strom etc.) abstellen, Hocker versorgen und Waagen abstellen, falls nötig reinigen und mit der Haube abdecken.

3.1.2 Verhalten bei Unfällen

siehe Kapitel 2

3.1.3 Persönliche Schutzmassnahmen

➔ Trage im Labor immer eine **Schutzbrille**.

➔ Vermeide möglichst das Tragen von Kontaktlinsen.

➔ Arbeite nicht ohne **Labormantel**.

➔ Trage beim Arbeiten mit grösseren Mengen ätzender Flüssigkeiten immer **eine geschlossene Schutzbrille** und ein Gesichtsschutzschild.

➔ Verwende bei der Arbeit mit ätzenden oder toxischen Substanzen **Handschuhe**.

3.1.4 Chemikalien

➔ Beschrifte jede Chemikalienflasche mit einer **Etikette**, die mindestens folgende Angaben enthält:

- Name der Substanz
- Bruttoformel
- Einfülldatum
- Name der/des Verantwortlichen

Verwende für die Beschriftung nur wasserfeste, schwarze Filzstifte oder Kugelschreiber, andere Stifte werden nach kurzer Zeit unlesbar. Am Chemikalienschalter sind auch Etiketten erhältlich.

➔ Der Bezug von Giften für private Zwecke sowie jegliche Weitergabe von Chemikalien an Dritte ist untersagt.

➔ Beim Bezug von gewissen Chemikalien ist ein vom/von der Assistenten/in unterzeichneter **Giftschein** vorzuweisen.

➔ Bewahre am Laborplatz nur die jeweils kleinstmögliche Menge von Chemikalien auf.

➔ **Informiere Dich**, bevor Du einen Versuch beginnst, sorgfältig über die physikalischen Eigenschaften, die Giftigkeit und die (evtl. gefährlichen) Reaktionseigenschaften der entsprechenden Chemikalien. Siehe dazu auch Kapitel 3.4 und Kapitel 7.2.

➔ Chemikalienlösungen **nie mit dem Mund**, sondern ausschliesslich mit einer Pipettierhilfe **pipettieren** (Gefahr oraler Vergiftungen!).

➔ Verwende für die Versuche nur einwandfreie, **saubere Gefässe**. Insbesondere dürfen niemals Gefässe verwendet werden, die noch Chemikalienrückstände enthalten.

➔ Verwende zur Aufbewahrung von Chemikalien **keine Lebensmittelgefässe**.

➔ Führe die Versuche mit den jeweils kleinstmöglichen Mengen durch.

➔ Stelle Chemikaliengefässe, Flaschen und Geräte **immer möglichst weit hinten** auf die Arbeitsfläche (Gefahr des Herunterfallens bei Anstossen).

➔ Wenn Du einen Stoff in einem offenen Gefäss erhitzt, darf die Öffnung nicht gegen eine Person gerichtet sein.

➔ Verwende bei Erhitzen von Substanzen möglichst **Siedesteine,** aber achte darauf, dass beim Einwerfen der Steine die Temperatur der Flüssigkeit noch ***weit*** unter dem Siedepunkt liegt. Die Flüssigkeit könnte sonst plötzlich aufkochen und herausspritzen (Siedeverzug).

➔ Entferne verschüttete Chemikalien, Wasserlachen auf dem Boden u.ä. immer sofort (Verletzungsgefahr).

➔ Vorsicht beim **Verdünnen konzentrierter Säuren** mit Wasser und **beim Lösen fester Alkalihydroxide** (z.B. KOH, NaOH): Säure oder Base immer unter Rühren in Wasser geben, nie umgekehrt (Wärmeentwicklung!).

➔ **Lösungsmittel**:

- Reduziere die **Vorräte** auf ein Minimum (Brandgefahr). Benutze auf Arbeitstischen und in Kapellen nur Flaschen mit höchstens 500 ml Inhalt.
- Lösungsmittel mit **Ethergruppe** (R1-O-R2, z.B. CH3-O-CH3) und mehrere Kohlenwasserstoffe (z.B. Buten C_4H_8) bilden nach längerem Stehen hochexplosive Peroxide. Kontrolliere vor jeder Handhabung den Peroxidgehalt mit dem Mercloquant-Peroxidtest! Ist er höher als 0,01% (= 100 ppm, als H_2O_2 angegeben), müssen die Peroxide vernichtet werden. Periodisch alle 3 Monate kontrollieren. Bei ungewöhnlicher Viskosität oder Kristallbildung Flasche nicht öffnen! AssitstentIn benachrichtigen.

➔ Bei der Destillation peroxidbildender Verbindungen Restvolumen im Kolben lassen, nie bis zum Trocknen eindampfen! Destillate lichtgeschützt, evtl. mit Inhibitor, aufbewahren.

➔ Beachte bei der **Entsorgung der Chemikalien Kapitel 3.5**.

3.1.5 Handhabung von Glas und Glasapparaturen

➔ Sorge bei jeder Arbeit mit Glas oder Glasapparaturen, insbesondere beim Einführen von Glasröhren in Gummischläuche o.ä., für den **Schutz Deiner Hände** (Lederhandschuhe, Stofflappen verwenden). Stichverletzungen durch abgebrochene Glasrohre sind gefährlich!

➔ **Dünnwandige Glasgefässe**, besonders Mess- und Erlenmayerkolben, dürfen **nicht evakuiert** werden. Vakuumexsikkatoren sind mit Parafilm zu überziehen. Sie dürfen nicht in evakuiertem Zustand transportiert werden.

➔ **Dickwandige Saugflaschen** nicht erhitzen (zum Evakuieren geeignet).

➔ **Grosse Glasflaschen** beim Transport nie am Hals und schon gar nicht am Stopfen halten, sondern **am Boden anfassen** (Bruchgefahr). Sie dürfen nur auf tiefen Regalen abgestellt werden.

➔ Fülle Glasflaschen nie über 90 Prozent ihres Fassungsvermögens. Um festsitzende Glasstopfen zu vermeiden, empfiehlt es sich, falls möglich Flaschen mit **Schraubverschluss** zu verwenden.

➔ **Festsitzende Schliffe** nie mit Gewalt, sondern durch leichtes Klopfen mit einem Holzstück oder durch leichtes Erwärmen der Hülse (möglichst gleichzeitig Kern kühlen) lösen.

➔ Entsorge **Glasabfälle** nach der Reinigung mit dem entsprechenden Lösungsmittel nur in die eigens dafür vorgesehenen Behälter. Wirf sie nie in gewöhnliche Abfallkörbe (Verletzungsgefahr für das Putzpersonal!).

3.1.6 Elektrische Apparate, Heizquellen

- ➔ Elektrische Apparate dürfen **nicht im Bereich von Spritzwasser** stehen.
- ➔ Halte sie immer **sauber und frei von korrosiven Substanzen**. Dies gilt besonders für Waagen. Nach Gebrauch zuerst Stecker herausziehen und anschliessend sorgfältig reinigen.
- ➔ **Melde defekte Apparate** sowie **defekte oder korrodierte Kabel und Stecker** sofort dem/der Assistenten/in zur Reparatur. Versuche nicht, Schäden selber zu beheben (Isolierband etc.)!
- ➔ Bei mit **Fehlerstromschaltern** ausgerüsteten Laborplätzen darf der Strom nicht mit der Prüftaste des Schalters ausgeschaltet werden (übermässige Abnützung des Fehlerstromschalters).
- ➔ Verwende **offene Flammen** nur als Heizquelle, falls andere nicht anwendbar sind.
- ➔ Vergewissere Dich vor Inbetriebnahme des **Bunsenbrenners**, dass sich keine brennbaren Stoffe in der Nähe der Flamme befinden. Arbeite in organischen Laboratorien grundsätzlich in der Kapelle.
- ➔ Verwende **Wasserbäder** nicht zum Erwärmen von Behältern mit Substanzen, die mit Wasser heftig reagieren (Alkalimetalle, Metallhydride, organometallische Verbindungen).

3.1.7 Gasflaschen

siehe Kapitel 7

3.1.8 Brandschutz

- ➔ Informiere Dich vor Beginn der Arbeit in einem Labor über die Standorte und die Funktionsweise der **Notduschen** und der **Löscheinrichtungen** sowie über die **Fluchtwege**.
- ➔ Beschränke die Menge der am Laborplatz aufbewahrten **brennbaren Flüssigkeiten** auf ein Minimum (siehe Beispiel S. 11!) und trenne sie räumlich von starken Oxidationsmitteln.
- ➔ Verwende für die Aufbewahrung **brennbarer Flüssigkeiten im Kühlschrank** nur Kühlschränke, die zu diesem Zweck umgebaut wurden und wie folgt gekennzeichnet sind (siehe rechts).

Lagern von Chemikalien in verschlossenen, etikettierten Behältern GESTATTET

Sicherheitsdienst ETHZ

Beachte ausserdem die Instruktionen der AssistentInnen, die Anschläge und das **Merkblatt „Es brennt - Was tun?“** am Anfang von Kapitel 2.

3.1.9 Medien

- ➔ Betätige das Gashauptventil erst, nachdem Du Dich vergewissert hast, dass sämtliche angeschlossenen Apparaturen noch geschlossen sind resp. geschlossen wurden.
- ➔ **Stelle** am Abend **Gas, Wasser, Strom, Pressluft und Vakuum sowie die Kapellenventilation ab**.
- ➔ **Nachtversuche** dürfen nur mit Bewilligung der Aufsichtsperson laufen gelassen werden, wobei sämtliche Schläuche mit Briden zu sichern sind und eine **Nachttafel** (siehe rechts) anzubringen ist.

  (Download unter: www.sicherheit.ethz.ch, Laborsicherheit)



Abteilung Sicherheit, Gesundheit und Umwelt
Bereich Gesundheit

Nachttafel

Name: ____________ Telefon Privat: ____________
Natel/Mobile: ____________
lässt folgendes Experiment über Nacht in Betrieb: ____________
Raum/Labornummer: ____________ Datum (von bis): ____________
Folgende Medienanschlüsse werden benötigt (bitte ankreuzen):

Elektrizität: ☐ **Kühlwasser:** ☐ **Pressluft:** ☐ **Vakuum:** ☐ **Stickstoff:** ☐

Spezielle Kühlbedingungen (Beschreibung): ____________
Anderes (Beschreibung): ____________
Kurzdarstellung des Experimentes: ____________
Gefahren; Risiken: ____________

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Vorgehen im Notfall: ____________

ETH-Notfallnummer (24h): 888
von Natel/Mobile: 044 342 11 88

3.1.10 Kapellen

- ➔ Führe alle Arbeiten, bei denen giftige, brennbare oder sonstwie gefährliche oder übelriechende Gase, Dämpfe oder Aerosole entstehen oder frei werden können, in einer Kapelle durch.
- ➔ Die **Benützung der Kapelle ist jedoch kein Freipass** für die Freisetzung von beliebigen Mengen von Substanzen und Chemikalien. Giftige und korrosive Gase und Dämpfe sind mittels in der Literatur beschriebenen Apparaturen an Ort und Stelle zu absorbieren. So werden sowohl Belästigungen der Umgebung als auch teure Schäden an der Ventilationsanlage vermieden.
- ➔ **Schliesse die Frontscheibe** der Kapelle wann immer möglich.
- ➔ Apparaturen sind **möglichst hinten** bei der Kapellenrückwand aufzustellen.
- ➔ Bei Kapellen, die mit einem Schalter für die Wahl der Absaugleistung ausgestattet sind, darf die höchste Stufe aus Gründen des Umweltschutzes nur während der tatsächlichen Arbeit benützt werden Sonst geht wertvolle Wärmeenergie unnötig verloren.

3.2 Chemische Reaktionen unter erhöhtem Druck

Bestimmte Reaktionen müssen unter erhöhtem Druck durchgeführt werden, um bspw. die Löslichkeit von Gasen in einer Flüssigkeit zu erhöhen. Der erhöhte Druck birgt gewisse zusätzliche Risiken in sich, die besondere Sicherheitsvorkehrungen nötig machen.

3.2.1 Chemikalien

➔ **Besondere Vorsicht** ist bei folgenden Substanzen geboten:

- Sauerstoff und Stickoxide (Explosionsgefahr)
- Ethylenoxyd (Explosionsgefahr)
- Nitroverbindungen (Gefahr explosionsartiger Zersetzung)
- Wasserstoff (Explosionsgefahr)
- Acetylen, Ammoniak, Hydrazin (bilden explosive Verbindungen mit Kupfer)
- Halogene (Korrosion von Stahl)
- stark saure oder alkalische Medien (Korrosion)

Manche Gase sind ausserdem **giftig**. Informiere Dich vor Beginn der Reaktion genau über die Reaktionseigenschaften und die Giftigkeit der Chemikalien! Siehe dazu auch Kapitel 3.4 und Kapitel 7.2.

3.2.2 Apparaturen

➔ Verwende für Reaktionen unter erhöhtem Druck nur geeignete und dafür zugelassene **Apparaturen und Gefässe**.

➔ Die Apparatur darf nur an dafür **geeigneten Orten** aufgebaut werden (evtl. Hochdrucklabor).

➔ Beim **Einleiten von Gasen in Flüssigkeiten** müssen Vorrichtungen eingebaut werden, die bei Druckabfall ein Zurücksteigen der Flüssigkeit in die Leitung oder in das Entnahmegefäss verhindern (Sicherheitsflasche bzw. Tauchung).

➔ Behälter und Apparate, die unter Überdruck gesetzt oder in geschlossenem Zustand erhitzt werden, müssen in der Regel mit einem **Manometer** (höchstzulässigen Druck rot markieren) und einer **Überdrucksicherung** (Sicherheitsventil und Berstscheibe) versehen werden. Dabei sind auch sich allenfalls während der Reaktion bildende Gase zu berücksichtigen.

➔ Wenn die Apparatur aufgeheizt oder abgekühlt werden soll, sind auch die dadurch entstehenden **thermischen Spannungen** zu berücksichtigen.

➔ Prüfe vor Beginn der Reaktion die Apparatur auf ihre **Dichtigkeit**.

➔ Falls Versuche mit **brennbaren** Gasen oder Flüssigkeiten, die brennbare Dämpfe bilden können, durchgeführt werden, muss vor Beginn der Reaktion die in der Apparatur befindliche Luft entfernt werden.

➔ Achte darauf, dass bei Beginn der Reaktion in der Umgebung der Apparatur **keine Lösungsmittelbehälter** stehen.

- ➔ Falls die Gefahr besteht, dass die zulässige Betriebstemperatur oder der zulässige Betriebsdruck überschritten werden könnte, ist die Reaktion sofort zu unterbrechen (Heizung aus, ggf. Notkühlung).
- ➔ Die Apparatur darf erst nach dem Herstellen des **Druckausgleiches** mit der Atmosphäre geöffnet werden. Achte darauf, dass dabei keine gefährlichen Stoffe in die Umgebung austreten.

Literatur:
Bundesverband der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (BAGUV); Abteilung Unfallverhütung und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien; Einführung für Studenten; 2. Auflage; Deutschland, 1988
Petrozzi, S.: Richtlinien für Sicherheit und Umweltschutz im Hochdrucklabor; ETH Zürich; Zürich; 1994

3.3 Arbeiten in Reinräumen

Das Ätzen wird an der ETHZ in der Mikromechanik, der Mikro- resp. Quantenelektronik und in der Höchstfrequenztechnik zur Herstellung winziger Werkzeuge oder elektronischer Bauteile verwendet. Diese werden wegen ihrer geringen Grösse nicht mechanisch hergestellt, sondern aus dem Rohmaterial herausgeätzt. Dabei werden starke Säuren und Laugen verwendet. Um die Werkteile vor Staub oder anderen Verunreinigungen zu schützen, wird in speziellen Reinräumen gearbeitet. Nachfolgend einige Hinweise, die Du einerseits aus Sicherheitsgründen und andererseits aus Gründen der Qualitätssicherung befolgen musst, wenn Du Ätzversuche in Reinräumen durchführst.

3.3.1 Allgemeines Verhalten

➔ Reinräume dürfen nur durch die Schleuse und nur in vollständiger **Reinraumkleidung** (Mantel, Laborschuhe oder Überzieher, Haube) betreten werden. Für BesucherInnen stehen Einwegoveralls zur Verfügung.

➔ Ätzversuche dürfen nur nach **Einführung** durch die/den Verantwortliche/n durchgeführt werden. Benütze nur Geräte, in deren Gebrauch Du eingewiesen wurdest.

➔ Arbeite **nie alleine** im Reinraum.

➔ Trage immer eine **Schutzbrille**, beim Umgang mit grösseren Menge von Säuren oder Laugen einen Gesichtsschutzschild und spezielle Handschuhe.

➔ Fasse Maskenhalter und andere Dinge, die mit Werkstücken in Kontakt kommen, nur mit Handschuhen an.

➔ Vermeide unnötige **Papiere** im Reinraum. Deponiere nie Papier im Arbeitsbereich der Flow-Boxes.

3.3.2 Umgang mit Chemikalien

➔ Becher mit **Chemikalien** müssen zugedeckt und deutlich angeschrieben werden. Mindestens folgende Angaben:

➔ - Name der Substanz

➔ - Bruttoformel

➔ - Einfülldatum

➔ - Verantwortliche/r

➔ Die für das Ätzen **verwendeten Säuren und Laugen** sind **stark ätzend**. Beachte deshalb von Beginn der Arbeit unbedingt die Erste-Hilfe-Hinweise zu den einzelnen Chemikalien in Kapitel 3.4.

➔ Lösungsmittel dürfen nur unter Aufsicht auf Heizplatten erwärmt werden.

➔ Reinige heisse Heizplatten nicht mit Lösungsmittel.

➔ Verwende den **Fotolack nur bei Gelblicht**.

➔ **Entsorge Deine Chemikalien** nach Gebrauch nach den vorgegebenen Richtlinien (Einführung) und reinige Deine Glaswaren.

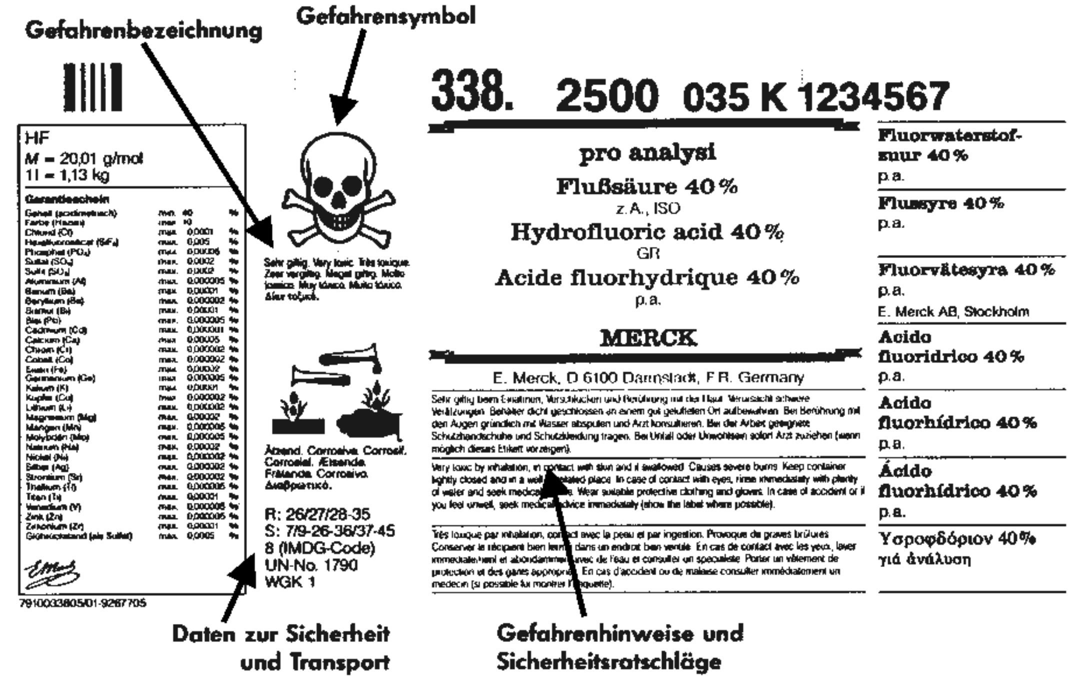
3.3.3 Geräte

- ➔ Sorge **vor dem Einschalten eines Gerätes** dafür, dass alle nötigen Medien (Kühlwasser, Pressluft etc.) zur Verfügung stehen.
- ➔ Sorge nach Beendigung der Arbeit für eine ordnungsgemässes **Abschalten der Geräte** und Medien (Kühlzeit etc. beachten).
- ➔ **Defekte Geräte** sowie **korrodierte oder defekte Kabel und Stecker** müssen sofort einer Aufsichtsperson zur Reparatur gemeldet werden. Versuche nicht, Schäden selbst zu beheben (Isolierband etc.).

3.4 Chemikalienliste

Der folgende Abschnitt informiert Dich über die möglichen Gefährdungen durch die an der ETHZ am häufigsten verwendeten Chemikalien. Benütze die Liste immer, wenn Du mit Dir unbekannten Chemikalien in Kontakt kommst!

Ist eine **Chemikalie nicht in der Liste** enthalten, kann Dir auch das **Orginaletikett** Auskunft über die Gefährlichkeit der Substanz geben (Bsp. siehe unten). Dabei werden einerseits **Gefahrensymbole** und andererseits die sogenannten **R- und S-Sätze** verwendet. Die R-Sätze weisen auf Gefahren hin, die S-Sätze geben Sicherheitsratschläge.



Auf den beiden folgenden Seiten findest Du eine vollständige Zusammenstellung aller R- und S-Sätze.

Die Hinweise auf R- und S-Sätze auf einer Etikette werden folgendermassen gelesen:

Beispiel (oben): R26/27/28-35

zuerst Kombination R-Sätze Nr. 26/27/28 (Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut)

dann R-Satz Nr. 35 (Verursacht schwere Verätzungen)

R-Sätze

R 1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich.
R 2 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich.
R 3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich.
R 4 Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen.
R 5 Beim Erwärmen explosionsfähig.
R 6 Mit und ohne Luft explosionsfähig.
R 7 Kann Brand verursachen.
R 8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen.
R 9 Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen.
R 10 Entzündlich.
R 11 Leichtentzündlich.
R 12 Hochentzündlich.
R 14 Reagiert heftig mit Wasser.
R 15 Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase.
R 16 Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen.
R 17 Selbstentzündlich an der Luft.
R 18 Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf/Luft-Gemische möglich.
R 19 Kann explosionsfähige Peroxide bilden.
R 20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen.
R 21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut.
R 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.
R 23 Giftig beim Einatmen.
R 24 Giftig bei Berührung mit der Haut.
R 25 Giftig beim Verschlucken.
R 26 Sehr giftig beim Einatmen.
R 27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut.
R 28 Sehr giftig beim Verschlucken.
R 29 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.
R 30 Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden.
R 31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.
R 32 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.
R 33 Gefahr kumulativer Wirkungen.
R 34 Verursacht Verätzungen.
R 35 Verursacht schwere Verätzungen.
R 36 Reizt die Augen.
R 37 Reizt die Atmungsorgane.
R 38 Reizt die Haut.
R 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens.
R 40 Irreversibler Schaden möglich.
R 41 Gefahr ernster Augenschäden.
R 42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich.
R 43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
R 44 Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss.
R 45 Kann Krebs erzeugen.
R 46 Kann vererbbare Schäden verursachen.
R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.
R 49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen.
R 50 Sehr giftig für Wasserorganismen.
R 51 Giftig für Wasserorganismen.
R 52 Schädlich für Wasserorganismen.
R 53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R 54 Giftig für Pflanzen.
R 55 Giftig für Tiere.
R 56 Giftig für Bodenorganismen.
R 57 Giftig für Bienen.
R 58 Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben.
R 59 Gefährlich für die Ozonschicht.
R 60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.
R 61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
R 62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.
R 63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen.
R 64 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.

Kombination R-Sätze

R 14/15 Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase.
R 15/29 Reagiert mit Wasser unter Bildung giftiger und hochentzündlicher Gase.
R 20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 20/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und Verschlucken.
R 20/21/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
R 21/22 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.
R 23/24 Giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 23/25 Giftig beim Einatmen und Verschlucken.
R 23/24/25 Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
R 24/25 Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.
R 26/27 Sehr giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 26/28 Sehr giftig beim Einatmen und Verschlucken.
R 26/27/28 Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
R 27/28 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.
R 36/37 Reizt die Augen und die Atmungsorgane.
R 36/38 Reizt die Augen und die Haut.
R 36/37/38 Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.
R 37/38 Reizt die Atmungsorgane und die Haut.
R 39/23 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.
R 39/24 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.
R 39/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
R 39/23/24 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 39/23/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.
R 39/24/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 39/23/24/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 39/26 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.
R 39/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.
R 39/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
R 39/26/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 39/26/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.
R 39/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 39/26/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 40/20 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen.
R 40/21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.
R 40/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
R 40/20/21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
R 40/20/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.
R 40/21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 40/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 42/43 Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich.
R 48/20 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.
R 48/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut.
R 48/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken.
R 48/20/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut.
R 48/20/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken.
R 48/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 48/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 48/23 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.
R 48/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut.
R 48/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken.
R 48/23/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut.
R 48/23/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken.
R 48/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 48/23/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 50/53 Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R 51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R 52/53 Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

S-Sätze

S 1 Unter Verschluss aufbewahren.
S 2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
S 3 Kühl aufbewahren.
S 4 Von Wohnplätzen fernhalten.
S 5 Unter ... aufbewahren (geeignete Flüssigkeit vom Hersteller anzugeben).
S 6 Unter ... aufbewahren (inertes Gas vom Hersteller anzugeben).
S 7 Behälter dicht geschlossen halten.
S 8 Behälter trocken halten.
S 9 Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
S 12 Behälter nicht gasdicht verschliessen.
S 13 Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.
S 14 Von ... fernhalten (Inkompatible Substanzen vom Hersteller anzugeben).
S 15 Vor Hitze schützen.
S 16 Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.
S 17 Von brennbaren Stoffen fernhalten.
S 18 Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben.
S 20 Bei der Arbeit nicht essen und trinken.
S 21 Bei der Arbeit nicht rauchen.
S 22 Staub nicht einatmen.
S 23 Gas/Rauch/Dampf/Aerosol nicht einatmen (geeignete Bezeichnung[en] vom Hersteller anzugeben).
S 24 Berührung mit der Haut vermeiden.
S 25 Berührung mit den Augen vermeiden.
S 26 Bei Berührung mit den Augen sofort mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.
S 27 Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.
S 28 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel ... (vom Hersteller anzugeben).
S 29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.
S 30 Niemals Wasser hinzugiessen.
S 33 Massnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
S 35 Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden.
S 36 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen.
S 37 Geeignete Schutzhandschuhe tragen.
S 38 Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.
S 39 Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 40 Fussboden und verunreinigte Gegenstände mit ... reinigen (Material vom Hersteller anzugeben).
S 41 Explosions- und Brandgase nicht einatmen.
S 42 Beim Räuchern/Versprühen geeignetes Atemschutzgerät anlegen (geeignete Bezeichnung[en] vom Hersteller anzugeben).
S 43 Zum Löschen ... (vom Hersteller anzugeben) verwenden (wenn Wasser die Gefahr erhöht, anfügen: «Kein Wasser verwenden»).
S 45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich dieses Etikett vorzeigen).
S 46 Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.
S 47 Nicht bei Temperaturen über ... °C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben).
S 48 Feucht halten mit ... (geeignetes Mittel vom Hersteller anzugeben).
S 49 Nur im Originalbehälter aufbewahren.
S 50 Nicht mischen mit ... (vom Hersteller anzugeben).
S 51 Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.
S 52 Nicht grossflächig für Wohn- und Aufenthaltsräume zu verwenden.
S 53 Exposition vermeiden – vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
S 56 Diesen Stoff und seinen Behälter auf entsprechend genehmigter Sondermülldeponie entsorgen.
S 57 Zur Vermeidung einer Kontamination der Umwelt geeigneten Behälter verwenden.
S 59 Informationen zur Wiederverwendung/Wiederverwertung beim Hersteller/Lieferanten erfragen.
S 60 Dieser Stoff und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen.
S 61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/ Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen.
S 62 Bei Verschlucken kein Erbrechen herbeiführen. Sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder dieses Etikett vorzeigen.

Kombination S-Sätze

S 1/2 Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren.
S 3/7 Behälter dicht geschlossen halten und an einem kühlen Ort aufbewahren.
S 3/9/14 An einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).
S 3/9/14/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).
S 3/9/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.
S 3/14 An einem kühlen, von ... entfernten Ort aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben).
S 7/8 Behälter trocken und dicht geschlossen halten.
S 7/9 Behälter dicht geschlossen an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
S 7/47 Behälter dicht geschlossen und nicht bei Temperaturen über ...°C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben).
S 20/21 Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen.
S 24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
S 29/56 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.
S 36/37 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.
S 36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 36/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 47/49 Nur im Originalbehälter bei einer Temperatur von nicht über ... °C (vom Hersteller anzugeben) aufbewahren.

3.4.1 Erläuterungen zur Chemikalienliste

1. Spalte Name und Linienformel der Substanz

2. Spalte Giftklasse gemäss Giftgesetz der Schweiz
Alle zum Verkehr zugelassenen Gifte werden vom Bundesamt für Gesundheitswesen in 5 Giftklassen eingeteilt. Dabei entspricht 1 dem höchsten und 5 dem niedrigsten Gefährlichkeitsgrad. „-“ bedeutet „Giftklassenfrei“.
Mit Inkraftsetzung des neuen Chemikalienrechts (01.08.2005) fallen die Giftklassen weg!

3. Spalte Gefahrensymbole gemäss Chemikalienrecht

4. Spalte Erste-Hilfe-Massnahmen, die bei Unfällen mit der betreffenden Chemikalien sofort getroffen werden müssen

n	Gesundheits-schädlich	Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme durch die Haut ist gesundheitsschädlich. Möglichkeit irreversiblen Schadens durch einmalige, wiederholte oder längere Exposition. Kontakt mit dem menschlichen Körper, auch Einatmen der Dämpfe, vermeiden und bei Unwohlsein Arzt aufsuchen.
i	Reizend	Stoffe mit Reizwirkung auf Haut, Augen und Atmungsorgane. Dämpfe nicht einatmen und Berührung mit Haut und Augen vermeiden.
	Entzündlich	Selbstentzündliche oder wasserreaktive Stoffe, Flüssigkeiten mit tiefem Flammpunkt (<0°C oder <35°C), Gase, die bei normalen Temperatur- und Druckverhältnissen entzündlich sind und Feststoffe, die leicht entzündlich sind. Jeglichen Kontakt mit Zündquellen und ggf. mit Luft vermeiden
	Brandfördernd	Können brennbare Stoffe entzünden oder ausgebrochene Brände fördern und so die Brandbekämpfung erschweren. Jeden Kontakt mit brennbaren Stoffen vermeiden.
	Ätzend	Lebendes Gewebe, aber auch viele Materialien werden beim Kontakt zerstört. Dämpfe nicht einatmen und Berührung mit Haut, Augen und Kleidung vermeiden.
	Giftig oder sehr giftig	Nach Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme durch die Haut treten Gesundheitsschäden erheblichen Ausmasses oder gar Tod ein. Möglichkeit irreversiblen Schadens durch einmalige, wiederholte oder längere Exposition. Jeglichen Kontakt mit dem menschlichen Körper vermeiden und bei Unwohlsein sofort Arzt aufsuchen.
	Umwelt-gefährlich	Chemikalien, die eine Gefahr für die Umwelt zur Folge haben können. Z.B. Peressigsäure, Bleiverbindungen

Abkürzungen:
Bldg. = Bildung
Kap. =Kapitel
MD = Magen-Darm
Schl.h. = Schleimhaut resp. Schleimhäute

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
A				
Aceton CH_3-CO-CH_3	4		Kann Haut, Augen und Atemorgane reizen; Aufnahme über Haut und Atmung möglich; Kopfschmerzen, Übelkeit, Halskratzen	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen, nach Verschlucken Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Acetonitril CH_3CN	2		Tränenreizend; giftig bei Hautkontakten, Einatmen und Verschlucken (Unterbrechung des O_2-Transportes, inneres Ersticken)	Durchtränkte Kleidung sofort entfernen, Haut gründlich spülen, bei Schwindel, Übelkeit, Ohrensausen, Sehstörungen etc. Arzt aufsuchen
Ameisensäure, 10 - 30%ige Lösung; HCOOH	4		Ätzend für Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen
Ameisensäure, >25%HCOOH	3		Ätzend für Augen und Haut; beim Einatmen der Dämpfe Lungenreizung bis zum Ödem möglich (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Inhalation Frischluft, Arzt; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Ammoniak, Gas NH_3			siehe Kapitel „Gefährliche Gase“	
Ammoniak, Lösung, <10% NH_3 NH_4OH	4		Reizt oder ätzt Augen, Haut und Atemorgane; Kopfschmerz, Benommenheit	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken Wasser trinken, nicht erbrechen
Ammoniak, Lösung, 10-35% NH_3; NH_4OH	2-3	i	Reizt oder ätzt Augen, Haut und Atemorgane; Kopfschmerz, Benommenheit; Dämpfe können Atemlähmung berwirken (Kapelle!);	Nach Verschlucken Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Inhalation viel Frischluft, Arzt, bei Atemstillstand s. Kap. 2
Ammoniumacetat CH_3COONH_4	5		Leicht reizend für Haut und Augen; Staub nicht einatmen (Kapelle)	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Einatmen Frischluft
Ammoniumcarbonat NH4HCO3	4		Weitgehend harmlos, schwach basisch	
Ammoniumchlorid NH_4Cl	4		Kann Haut, Augen und Atemwege reizen (Nebel nicht einatmen, Kapelle!); Kopfschmerzen, Benommenheit	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken grosser Mengen Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Einatmen Arzt aufsuchen
Ammoniumfluorid NH_4F	3		Bindet nach Einnahme körpereigenes Calcium; reizt Schl.h., Haut und Augen (auch Staub oder Nebel!; Kapelle!); nach Einatmen Atemstillstand möglich; chronisch Knochenveränderungen, Zahnschäden	Nach Haut- oder Augenkontakt sehr gründlich spülen, Arzt; nach Verschlucken viel Wasser trinken, nicht erbrechen! Falls doch: Erbrochenes gut abspülen, Arzt; nach Einatmen: Frischluft, Arzt

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Ammoniumhydroxid			siehe Ammoniak, Lösung	
Ammoniumnitrat NH_4NO_3	**4**		Mit org. Stoffen explosiv!; bei Brand Lungenödem durch nitrose Gase möglich; Methämoglobinbldg.	Nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); Arzt; nach Einatmen: Frischluft; Arzt
Ammoniumrhodanid NH_4SCN	**3**	n	Gesundheitsschädlich für Schl.h, Haut und Augen, entwickelt bei Säurekontakt giftige Gase (CO, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Einatmen: Frischluft, evtl. Arzt
Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$	**4**		Weitgehend harmlos	
Amylalkohole z.B. $CH_3(CH_2)_4OH$	**4**	n	Reizt Schl.h. und Atemwege, Haut und Augen; narkotisch (Kapelle); Kopfschmerzen, Übelkeit	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap.2), nach massiver Inhalation: Frischluft
Ätznatron			siehe Natriumhydroxid	
B				
Bariumsalze, z.B. -chlorid $BaCl_2$	**2**	n	Bereits weniger als 1 g bewirken gefährliche Herzmuskelkontraktionen, MD- und ZNS-Störungen; reizt Schl.h. (Staub, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, Brechreiz auslösen (s. Kap. 2), Arzt!; nach Einatmen: Frischluft, Arzt
Benzin			siehe Petroleum	
Benzoesäuremethylester $C_6H_5COOCH_3$	**-**		Weitgehend harmlos	
Benzol C_6H_6	**1**		Tödl. Dosis 20 ml; nach Einatmen narkotisch (Kapelle!), nach Verschlucken MD-Störung, Reizung von Haut und Schl.h., Hautresorption; kanzerogen	Nach Einatmen: Frischluft; nach Hautkontakt: gründlich spülen; nach Augenkontakt: zuerst blasen (Verdunstung), dann gründlich spülen, Arzt; nach Verschlucken: nicht erbrechen!, Arzt
Blei Pb	**-**		MD-Reizung, Herzrhythmusstörungen, Schädigung von Nerven, Blut und Nieren; keinen Staub einatmen (Kapelle!); Gefahr kumulativer Wirkung	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen, nach Verschlucken Brechreiz auslösen (s. Kap.2)

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Bleiverbindungen allg.			Schädigung von Nerven und Blut; Resorption über die Haut möglich; keinen Staub einatmen!;Gefahr kumulativer Wirkung; auf Etiketten R- und S-Sätze beachten, Informationen einholen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Kleidung entfernen; nach Verschlucken Brechreiz auslösen (s. Kap.2)
Borsäure H_3BO_3	4	n	Reizt Augen, Haut und Lungen; schädigt chronisch Nieren, Blut und ZNS (Kapelle, Handschuhe, Brille!)	Nach Haut- oder insb. Augenkontakt: gründliche spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt; nach Einatmen: Frischluft, Arzt
Brom Br_2	2		Tödl. Dosis 1 ml, v.a. beim Einatmen sehr giftg (Kapelle!); schwere Verätzungen auf Haut- und Schl.h. durch Flüssigkeit, Dämpfe reizen Augen und Schl.h.	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Einatmen: Frischluft, Arzt
Bromessigsäureethylester $BrCH_2COOC_2H_5$	1		Sehr giftg bei Hautkontakt, Einatmen und Verschlucken (Kapelle!)	Nach Hautkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Einatmen: Frischluft; in jedem Fall Arzt!
Bromoform $CHBr_3$	3		Reizt Augen, Haut und Atemwege; in hohen Dosen narkotisch; Hautresorption möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft, evtl. Atemspende, Arzt
Bromwasserstoffsäure HBr.aq	2		Stark reizend oder ätzend für Haut und Schl.h., insb. Augen und Atemwege,	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt; nach Einatmen: Arzt
Butanol $C_4H_{10}O$	4	n	Reizt Augen, Haut und Atemwege; Augenbrennen; Kopfschmerzen, Schwindel; Entzündungen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
C				
Calciumchlorid $CaCl_2$	-		Kann nach Verschlucken grösserer Mengen MD-Reizungen verursachen	Nach Verschlucken grösserer Mengen Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Calciumsulphat $CaSO_4$	-		Weitgehend harmlos	
Celite	-		Weitgehend harmlos	
Chlorbenzol C_6H_5Cl	-	n	Wirkt depressiv auf ZNS; entfettend auf Haut, Entzündungen möglich; Hautresorption möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Chloroform $CHCl_3$	**2**	Xn	Schädigt Herz, Leber und Nieren (karzinogen); narkotisierend; Herzrhythmusstörungen nach Inhalation möglich; Hautresorption möglich	Nach Hautkontakt: gründlich spülen; nach Augenkontakt: blasen (Verdunstung), dann gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft, evtl. Arzt; nach Verschlucken: nicht erbrechen!, Arzt
Citronensäure $HOC(COOH)(CH_2COOH)_2$	**4**		Ätzend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!
Cyclohexan C_6H_{12}	**4**		Hautreizung, wenn Verdunstung behindert wird; hohe Dampfkonzentrationen reizen Augen und Schl.h.; nach Verschlucken MD-Störungen, Benommenheit, Übelkeit, Husten	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Kleidung entfernen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: nicht erbrechen!, Arzt
D				
Dichlormethan CH_2Cl_2	**4**	Xn	Löst CO-Hämoglobinbildung aus ->narkotisch; Verdacht auf Kanzerogenität; tödliche Dosis ca. 18 ml	Nach Hautkontakt: gut spülen, Kleidung entfernen, eincrèmen; nach Augenkontakt: blasen (Verdunstung), gut spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen, Arzt
N,N-Diethylanilin	**4**		Giftig beim Einatmen, Verschlucken oder Berühren der Haut (Handschuhe, Brille, Kapelle!)	Nach Inhalation: Frischluft, Arzt!; nach Verschlukken: Brechreiz auslösen, Arzt; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Diethylether $(C_2H_5)_2O$	**4**	Peroxidbldg.!	Narkotisch; stark hautentfettend, hohe Dampfkonzentration reizend für Haut und Schl.h. (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft
Di-Kaliumhydrogenphosphat K_2HPO_4	**-**		Weitgehend harmlos	
Dimethoxyethan $CH_3OCH_2CH_2OCH_3$	**-**		Leicht reizend für Haut und Augen; in hohen Dosen narkotisch; nach Verschlucken Magenreizung	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
N,N-Dimethylformamid	**3**		Reizt Augen; schädlich bei Berühren der Haut oder Einatmen; teratogen (Handschuhe, Kapelle!) (fruchtschädigend = teratogen; Teratogene sind Stoffe, welche Fehlbildungen hervorrufen können.)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Dimethylsulfoxid $(CH_3)_2SO$	**-**		Kann unverdünnt Hautrötungen verursachen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Di-Natriumhydrogenphos-phat Na_2HPO_4	**5**		Weitgehend harmlos	
Dioxan $C_4H_8O_2$	**4**	n	Stark reizend für die Augen; narkotisch (Kapelle!); Hautresorption möglich; Gefahr insb. nach längerer, wiederholter Einwirkung	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Inhalation: Frischluft
E				
Eisensalze, z.B. -(III)-chlorid $FeCl_2$	**3**		Stark ätzend für Haut, Schl.h. und insbesondere Augen (Handschuhe, Brille!); wassergefährdend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Eisessig			siehe Essigsäure > 90%	
Essigsäure, 25 - 90% CH_3COOH	**4**		Dampf stark reizend für Schl.h., stechender Geruch (Kapelle!); nach längerer Inhalation Zahnschäden; stark ätzend für Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Inhalation: Frischluft
Essigsäure, > 90% CH_3COOH	**3**		Dampf stark reizend für Schl.h., stechender Geruch (Kapelle!); nach längerer Inhalation Zahnschäden; stark ätzend für Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Inhalation: Frischluft
Essigsäureanhydrid $(CH_3CO)_2O$	**3**		Starker Tränenreiz und Reizung der Atemwege (Kapelle!); schwerste Verätzung der Augen und Haut	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft
Essigsäureethylester $CH_3COOC_2H_5$	**-**		Dampf reizt Schl.h.; narkotisch in hohen Dosen (Kapelle!); hautentfettend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Essigsäuremethylester CH_3COOCH_3	**3**		Reizend für Schl.h.; narkotisch in hohen Dosen (Kapelle!); hautentfettend, Hautresorption möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!
Ethanol C_2H_5OH	**-**		Hautresorption möglich (Handschuhe!); Schwindel; Erbrechen; Nerven-, Zellgift	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Inhalation: Frischluft
Ethidiumbromid $C_{21}H_{20}BrN_3$	**nicht einge-stuft**		Mutagen (blockiert RNA-Synthese); Hautresorption möglich; direkten Kontakt irgendeiner Art vermeiden (Brille, Handschuhe, Kapelle!)	Nach Hautkontakt oder Verschlucken: Arzt aufsuchen

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
F				
Flusssäure HF.aq	**1**		Nach 1 - 2 Tagen Latenzzeit stark ätzend in tiefen Gewebeschichten, schwer heilende Geschwüre, jeglichen Hautkontakt vermeiden!; Dämpfe reizen Atemwege, Zahnschäden (spez. Handschuhe; Schutzschild, Kapelle);	Auch nach *möglichem* Haut- oder Augenkontakt: sofort gründlich spülen, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt! Nach jedem möglichen Kontakt auch ohne Symptome sofort Arzt aufsuchen (Latenzzeit)!
Formaldehyd, 5 - 25 % HCHO	**-**	n	Desinfektionsmittel; reizt Augen, Haut und Atemwege (Kapelle!); Kontaktsensibilisierung möglich (Handschuhe!); nach Verschlucken starke Reizung der Speiseröhre und MDtrakt	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
Formaldehyd, > 25 % HCHO	**3**		Starke Reizung von Augen, Haut und Atemwegen, stechender Geruch (Kapelle!); Kontaktsensibilisierung möglich (Handschuhe!); nach Verschlucken starke Reizung der Speiseröhre und MDtrakt, 60 ml tödlich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
G, H				
Glycerin $HOCH_2CH(OH)CH_2OH.aq$	**-**		verdünnt unschädlich, in wasserfreier Form stark schl.h.reizend, hämolytisch	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, bei grossen Mengen Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Graphit C	**-**		Weitgehend harmlos	
Harnstoff NH_2CONH_2	**5**		Natürliches Abbauprodukt von Aminoverbindungen im Körper; weitgehend harmlos	
Heptan $CH_3(CH_2)_5CH_3$	**4**		Konzentrierte Dämpfe reizen Augen, Haut und Schl.h.; leicht narkotisch (Kapelle!); hautentfettend; nach Verschlucken schmerzhafte MD-Reizungen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt
Hexane $CH_3(CH_2)_4CH_3$	**4**		Konzentrierte Dämpfe reizen Augen, Haut, und Schl.h.; leicht narkotisch (Kapelle!); chronisch degenerierend für periphere Nerven	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
I, J				
Isoamylalkohol			siehe Amylalkohole	
Isooctan $(CH_3)_2CHCH_2C(CH_3)_3$	5		Narkotisch, Kopfschmerz, Schwindel; nach Verschlucken schmerzhafte MD-Reizung	Nach Einatmen: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen, evtl. Arzt; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Isopentylalkohol			siehe Amylalkohole	
Isopropanol $(CH_3)_2CHOH$	5		Reizt Schl.h.; narkotisch, in hohen Dosen Gefahr der Atemlähmung (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Jod, frei I_2	2	n	Schädigt Haut, Atemwege und -organe (Handschuhe, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Jod, gelöst und Verbindungen	-		Reizt Haut, Augen und Schl.h.; nach Verschlucken starke MD-Beschwerden	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, Arzt!
K, L				
Kaliumcarbonat K_2CO_3	4		Leicht reizend für Haut, Augen und Schl.h.; nach Verschlucken MD-Reizung	Nach Haut- oder Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Kaliumchlorid KCl	5		Weitgehend harmlos	
Kaliumchromat K_2CrO_4	3		Kanzerogen; reizend für verletzte Haut und Schl.h.; Kontaktsensibilisierung möglich; nach Verschlucken Leibschmerzen, Erbrechen, Schock; Staub nicht einatmen (Kapelle, Handschuhe!)	Nach Haut- (insb. verletzter) und Augenkontakt gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken; Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Inhalation: Frischluft; Arzt
Kaliumdichromat $K_2Cr_2O_7$	3	i	Staub reizt Augen und Atemwege (Kapelle); bildet bei verletzter Haut Geschwüre; kanzerogen; Hämoglobinbindung	Nach Augen- und insb. Kontakt mit verletzter Haut sofort gründlich spülen und mit Seife waschen; nach Verschlucken: Wasser trinken, sofort Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Kaliumdihydrogencarbonat $K_2(HCO_3)_2$	**-**		Weitgehend harmlos	
Kaliumdihydrogenphosphat KH_2PO_4	**-**		Weitgehend harmlos	
Kaliumfluorid KF	**3**		Bindet körpereigenes Calcium; chron. Knochen- und Zahnschäden; reizend für Haut, Schl.h. und Augen (Staub; Kapelle, Handschuhe, Brille!)	Nach Haut - oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Kaliumhexacyanoferrat (II) $K_4(Fe(CN)_6)\cdot 3H_2O$	**4**		Entwickelt beim Kontakt mit Säure und nach Verschlucken Blausäure; reizt Haut, Augen und Atemwege	Nach Verschlucken: sofort Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft
Kaliumhexacyanoferrat (III) $K_3(Fe(CN)_6)$	**4**		Reizt Haut und Augen schwach	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Kaliumhydroxid, fest KOH	**2**		Stark alkalisch; stark ätzend für Haut, Schl.h. und Augen; Staub und Nebel reizt Atemorgane (Kapelle, Handschuhe, Brille!);	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt
Kaliumhydroxid, Lösung, > 5%; KOH	**2**		Stark ätzend für Haut und Augen (Schutzhandschuhe und Brille!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Kleidung entfernen, Arzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Kaliumhydroxid, Lösung, 1 - 5 %; KOH	**3**	i	Reizt Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Kleidung entfernen, Arzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen
Kaliumjodid KI	**4**		Wässrige Lösung reizt Haut und Augen, Nebel reizen Atemwege	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Einatmen: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen
Kaliumoxalat Monohydrat $(COOK)_2.H_2O$	**2**	n	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit Haut und Augen sowie Verschlucken	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Kaliumpermanganat $KMnO_4$	**3**	n	Stark oxidierend; reizt oder ätzt Haut und Augen; nach Verschlucken MD-Reizung bis Perforation	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Kaliumrhodanid KSCN	**3**	n	Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührungen mit Haut; entwickelt mit Säure sehr giftige Gase (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Einatmen: Frischluft; nach Verschlucken: Wasser trinken, Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Kieselgel	-		Weitgehend harmlos	
Kobalt-(II)-chlorid $CoCl_2$	3		Giftig beim Verschlucken (unterdrückt in grösseren Mengen Erythrocytenprod.; Herzversagen); Staub nicht einatmen; Berührung mit Augen und Haut vermeiden (Kapelle, Handschuhe, Brille)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Einatmen: Frischluft; Arzt; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Kobalt-(II)-nitrat $Co(NO_3)_2$.	2	n	Gesundheitsschädlich beim Verschlucken; Staub nicht einatmen; Berührung mit Haut und Augen vermeiden (Kapelle, Handschuhe; Brille!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Einatmen: Frischluft, Arzt; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen; Arzt
Kobalt-(II)-sulfat $CoSO_4$	2	n	Einatmen und Verschlucken gefährlich; MD-Reizung; ZNS-Schädigung; reizt Haut, Augen und Atemwege (Handschuhe, Brille, Kapelle!)	Nach Verschlucken nicht erbrechen!, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt
Kupfersalze, z.B. -chlorid $CuCl_2$	3		Ätzend für Haut und Augen; hämolytisch; MD-Störungen; Kupfersalze können Methämoglobinbldg. verursachen; auf Etiketten R- und S-Sätze beachten!	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; Augenarzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt
Ligroin (Leichtbenzin)	5		Weitgehend harmlos	
Lithiumsalze, z.B. -chlorid, LiCl	-	i	Reizt Haut, Atmungsorgane und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Inhalation: Frischluft
M, N				
Magnesiumsalze, z.B. -chlorid, Lsg.; $MgCl_2 \cdot 6H_20$	-		Reizt Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen;
Mangansalze, z.B. -dioxid MnO_2	5	n	Akute Reizung der Atemwege und Schl.h.; chronische ZNS-Schäden; Staub nicht einatmen (Kapelle!)	Nach Inhalation: Frischluft, Arzt!
Methanol CH_3OH	3		Akut ab 5 ml oral tödlich; Resorption giftiger Mengen über Haut möglich; chronisch schl.h.reizend, Schwindel, Kopfschmerzen (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Kleidung entfernen; nach Verschlucken: sofort viel Wasser trinken, Arzt!; nach Inhalation: viel Frischluft
Methylenchlorid CH_2Cl_2			Siehe Dichlormethan	
Natriumacetat $C_2H_3NaO_2$	-		Weitgehend harmlos	

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Natriumcarbonat Na_2CO_3	**5**		Stark alkalisch; reizt Augen, Haut und Atemwege	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, nach Inhalation: Frischluft
Natriumchlorid NaCl	**-**		Kochsalz, in normalen Mengen harmlos	
Natriumdihydrogenphosphat NaH_2PO_4	**-**		Verdünnte Lösungen weitgehend harmlos, konz. Lösungen verursachen schlecht heilende Wunden	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut mit Seife waschen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
Natriumdichromat $Na_2Cr_2O_7$	**-**	i	Reizt Augen und Atemwege; Staub nicht einatmen (Kapelle!); bildet auf verletzter Haut Geschwüre; Kontaktsensibilisierung möglich (Handschuhe!)	Nach Augen- und insb. Kontakt mit verletzter Haut: sofort gründlich spülen und mit Seife waschen; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Natriumfluorid NaF	**3**		Bindet körpereigenes Calcium, Knochen-, Zahnschäden; reizt Haut, Sch.h. und Augen; Staub nicht einatmen (Kapelle, Handschuhe, Brille!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; Arzt; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen, Arzt; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Natriumformiat HCOONa	**5**		Reizt Augen und Atemwege; Staub nicht einatmen (Kapelle!);	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft
Natriumhydrogenphosphat			Siehe Di-Natriumhydrogenphosphat	
Natriumhydroxid, fest NaOH	**2**		Stark alkalisch (pH 14); stark ätzend für Haut, Schl.h. und Augen; Staub und Nebel nicht einatmen (Kapelle, Handschuhe, Brille!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!; Nach Inhalation: Frischluft, Arzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Natriumhydroxid, Lösung			Siehe Natronlauge	
Natriumhypochlorid, 5-10% akt. Cl; NaClO	**4**	i	Reizt Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Natriumhypochlorid, >10% akt. Cl; NaClO	**3**		Ätzend für Haut, Augen und Atemwege; stark methämoglobinbildend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Natriumnitrit $NaNO_2$	**2**		Methämoglobinbildung, bei Brand Lungenödem durch nitrose Gase möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Natriumphosphat Na_3PO_4	**5**		Verdünnte Lösungen weitgehend harmlos, konz. Lösungen stark reizend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
Natriumsulfat Na_2SO_4	**5**		Kann MDtrakt, Haut und Augen leicht reizen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2)
Natriumsulfid NaS	**2**		Stark ätzend für Haut und Augen; Dämpfe reizen Augen und Atemwege; evtl. ZNS-Lähmung; mit Säure H_2S-bldg.; mit Ox.mittel SO_2-bldg.; Lungenödem möglich (Kapelle!)	Bei Haut -oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Natriumsulfit Na_2SO_3	**3**	i	Reizt Augen, Atemwege und insb. verletzte Haut; nach Verschlucken Übelkeit	Nach Verschlucken: Wasser trinken, Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; bei Reizhusten: Arzt
Natriumthiosulfat $Na_2S_2O_3$	**4**		Reizt Augen, Haut und Atemwege, Staub nicht einatmen (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation Frischluft
Natronlauge, < 1% NaOH	**4**		Leicht reizend für Haut und Augen	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Natronlauge, 1 - 5 % NaOH	**3**	i	Reizt Atemorgane; ätzend für Haut und Augen; langwierige Entzündungen (Handschuhe und Brille!); nach Verschlucken schmerzhafte MD-Reizung	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Inhalation: Frischluft
Natronlauge, > 5 % NaOH	**2**		Verursacht schwere Verätzungen an Haut, Augen und Schl.h, schlechtheilende Wunden; nach Verschlucken Gefahr der Magenperforation	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut mit Seife waschen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Inhalation: Frischluft, Arzt
Nickelsalze, z.B. -(II)-chlorid $NiCl_2$	**2**		Nebel kanzerogen; Kontaktsensibilisierung mög-lich, Hautkontakt vermeiden (Kapelle, Handschu-he!); nach Verschlucken grösserer Mengen MD-Reizung	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut mit Seife waschen; nach Verschlucken: Wasser trinken, Brechreiz auslösen (s. Kap. 2); nach Inhalation: Frischluft, Arzt
O, P, Q				
Oxalsäure HOOCCOOH	**2**	n	Stark ätzend für Haut und Schl.h. und Augen, Resorption möglich (Kapelle, Handschuhe; Brille!); Herz-Kreislauf-Versagen und Nierenstörung möglich; auch chronisch kleine Mengen gefährlich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, Arzt!

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
i-/n-Pentan $CH_3(CH_2)_3CH_3$	**4**		Bei Inhalation Schwindel, Übelkeit; in hohen Dosen narkotisch(Kapelle!); nach Verschlucken schmerzhafte MD-Reizungen	Nach Inhalation: Frischluft, evtl. Arzt; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt; nach Augenkontakt: gründlich spülen
Perchlorsäure, 10-50% $HClO_4$	**1**		Stark ätzend für Haut und Schl.h., schlecht heilende Wunden; Dämpfe stark reizend, Lungenödem möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, sofort Arzt!
Perchlorsäure, > 50 % $HClO_4$	**1**		Stark ätzend für Haut und Schl.h., schlecht heilende Wunden; Dämpfe stark reizend, Lungenödem möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt!; nach Inhalation: Frischluft, sofort Arzt!
Petrolether C_5H_{12}	**4**		Konz. Dämpfe reizen Augen und Atemwege; narkotisch; Flüssigkeit narkotisch, reizt Haut	Nach Inhalation: Frischluft; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut mit Seife waschen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Petroleum	**5**		Konz. Dämpfe leicht narkotisch; hautentfettend; nach Verschlucken MD-Reizung	Nach Inhalation: Frischluft; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut mit Seife waschen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Phosphorsäure, < 5 % H_3PO_4	**5**		Reizt Haut, Augen und Schl.h.	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Phosphorsäure, 5 - 10% H_3PO_4	**4**		Reizt Haut, Augen und Schl.h.	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Phosphorsäure, 10 - 20% H_3PO_4	**3**	i	Ätzend für Haut, Augen und Schl.h.	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Phosphorsäure, konz. >20% H_3PO_4	**2**	i	Stark ätzend für Haut, Augen und Schl.h.	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Pyridin C_5H_5N	**4**	n	Reizt Haut und Schl.h.; unangenehmer Geruch (Kapelle!); Flüssigkeit verursacht schwere Augen-schäden, Hautresorption möglich	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Ver-schlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Quecksilbersalze, z.B. -(I)-chlorid, Hg_2Cl_2	**2**	n	Reizt Augen, Atmungsorgane und Haut, schädlich nach Verschlucken (Handschuhe, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Ver-schlucken: Brechreiz auslösen (s. Kap. 2), Arzt
S, T				
Salicylsäure $C_7H_6O_3$	**3**	n	Reizt Augen, Haut und Schl.h.; Hautresorption möglich; schwere Störung des Säure-Base-Gleich-gewichts; MD-Beschwerden (Handschuhe!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, immer Arzt!
Salpetersäure, 20-70% HNO_3	**2**		Ätzend für Augen, Haut und Schl.h., Lungenödem möglich (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Ver-schlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Salpetersäure, > 70% HNO_3	**2**		Sehr stark ätzend für Haut und Schl.h.; schlecht heilende Wunden; bei Inhalation von Dämpfen oder Gasen Lebensgefahr (Lungenödem, Methämo-globinbildung, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Ver-schlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Salzsäure, < 1% HCl	**5**		Reizt Augen, Haut und Atemorgane	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
Salzsäure, 1-3% HCl	**4**		Reizt Augen, Haut und Atemorgane	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!
Salzsäure, 3-10% HCl	**3**		Reizt Augen, Haut und Atemorgane	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Salzsäure, 10-25% HCl	**2**	i	Ätzend für Haut und Schl.h.; Dämpfe reizen Augen und Atemwege (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Salzsäure, > 25% HCl	2		Stark ätzend für Haut und Schl.h.; Dämpfe reizen Augen und Atemwege stark, Erstickungsgefahr!, chronische Zahnschäden	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Schwefelsäure, < 1% H_2SO_4	5		Reizt Augen und Haut	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!
Schwefelsäure, 1-3% H_2SO_4	4		Reizt Augen und Haut	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!
Schwefelsäure, 3-10% H_2SO_4	3		Stark reizend für Augen und Haut	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt; nach Verschlucken: Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Schwefelsäure, 10 - 20% H_2SO_4	2	i	Ätzend für Augen, Haut und Schl.h.; schlecht heilende Wunden; Dämpfe reizen Augen und Atemwege (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Schwefelsäure, > 20% H_2SO_4	2		Ätzend für Augen, Haut und Schl.h.; schlecht heilende Wunden; Dämpfe reizen Augen und Atemwege (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Schwefelsäure, > 98%ig H_2SO_4	2		tödliche Dosis 1 - 5 ml Stark ätzend für Augen, Haut und Schl.h.; schlecht heilende Wunden; Dämpfe reizen Augen und Atemwege (Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Augenarzt!; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Schwefelwasserstoff H_2S	2		Siehe Kapitel „Gefährliche Gase“	
Silbersalze, z.B. -chlorid AgCl	5		AgCl weitgehend harmlos; andere Salze (z.B.-fluorid, -nitrat) sind ätzend; auf Etiketten R-und S-Sätze beachten!	
Tetrachlorkohlenstoff CCl_4	1		Tödliche Dosis ab 2 - 4 ml; gefährliche Hautresorption möglich; narkotisch, Atemstillstand; schädigt Leber, ZNS, Nieren (Handschuhe, Brille, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, in jedem Fall Arzt!
Tetrahydrofuran C_4H_8O	3	i	Reizt Haut, Augen und Atemwege; narkotisch, Kopfschmerzen; hautentfettend	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Haut eincrèmen; nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!

NAME DER CHEMIKALIE	GK	BEM.	WIRKUNG/SYMPTOME	ERSTE HILFE
Toluol C_6H5CH_3	4	n	Reizt Schl.h. stark; narkotisch; Kopfschmerzen, Benommenheit; Hautresorption möglich (Handschuhe, Kapelle!);	Nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Tri-Kaliumphosphat K_3PO_4	-		Weitgehend harmlos	
TRIS-puffer $NH_2C\ (CH_2OH)_3$	-		Weitgehend harmlos	
W, X, Z				
Wasserstoffperoxid, < 60% H_2O_2	3		Reizt Augen und Atemwege (ab 25% schwach, ab 35% stark)	Nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen
Wasserstoffperoxid, > 60% H_2O_2	3		Insb. bei Augenkontakt Gefahr; reizt Atemwege und Haut	Nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!
Xylol C_8H_{10}	3	n	Reizt Schl.h.; bei chronisch tiefen Dosen Kopfschmerzen, MD-Reizung; in hohen Konz. narkotisch, ZNS-Schäden	Nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!; nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, Arzt!
Zinksalze, z.B. chlorid $ZnCl_2$	3		Ätzend für Augen und Haut (Handschuhe, Brille!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt
Zinnsalze, z.B. chlorid. $SnCl_2$	2		Reizt Augen, Atmungsorgane und Haut (Handschuhe, Brille, Kapelle!)	Nach Haut- oder Augenkontakt: gründlich spülen, nach Inhalation: Frischluft; nach Verschlucken: viel Wasser trinken, nicht erbrechen!, Arzt

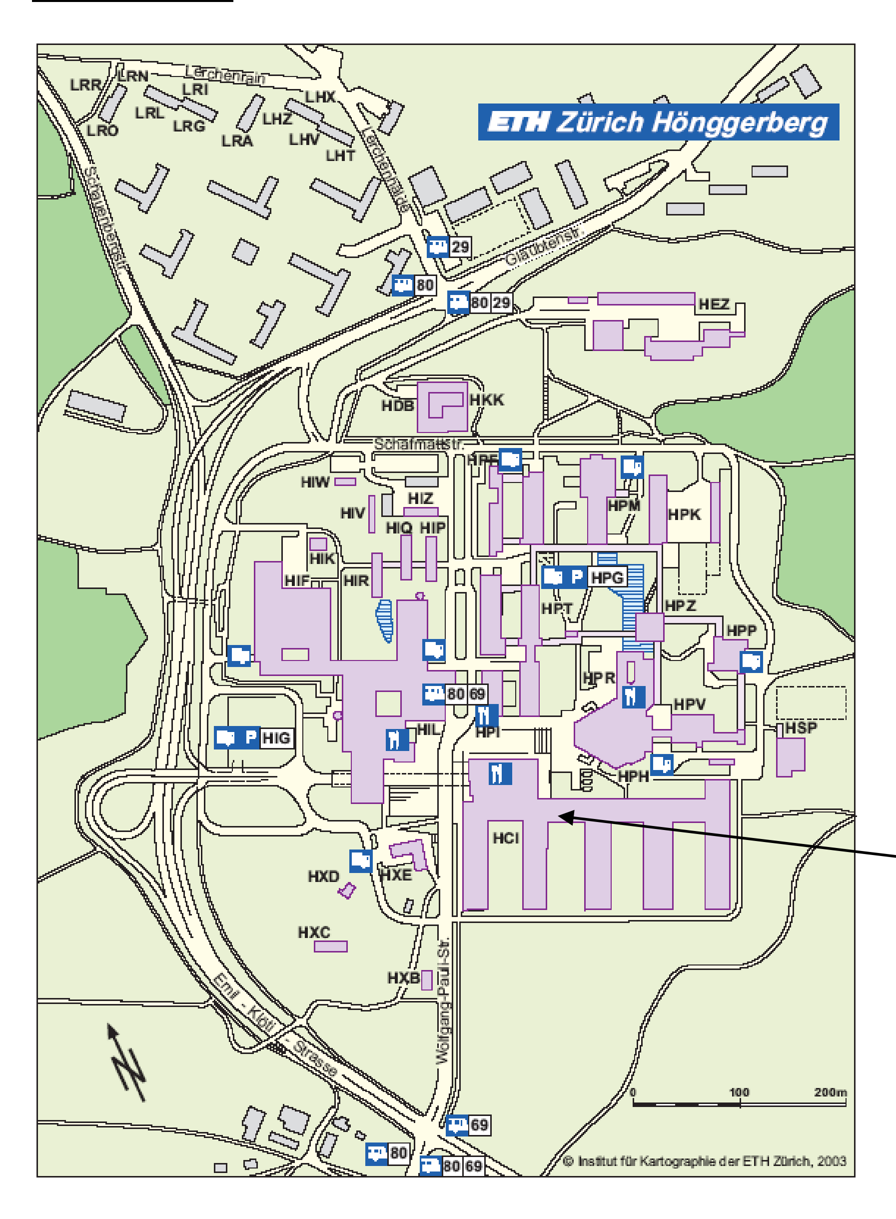
Literatur:
Fluka; Chemika-BioChemika: Katalog 1995/96; Fluka Chemie AG; Buchs; 1995
Kühn; Birett: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe; Band 5 und 6, ecomed; Landsberg/Lech; Loseblattsammlung ab 1975
Merck & Co., Inc.: The Merck Index; An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biochemicals; 10th Edition; Merck & Co., Inc.; Rahway, USA; 1983
Roth; Daunderer: Giftliste; Giftige, gesundheitsschädliche, reizende und krebserzeugende Stoffe; Band 1 und 4; 5. Auflage; ecomed; Landsberg/Lech; 1981

3.5 Entsorgung von Chemikalien

Die beste Entsorgung ist die Vermeidung von Abfällen (z.B. durch massvolles Bestellwesen, Recycling, etc.)!

3.5.1 Zentrale Entsorgungslager

<u>Hönggerberg</u>



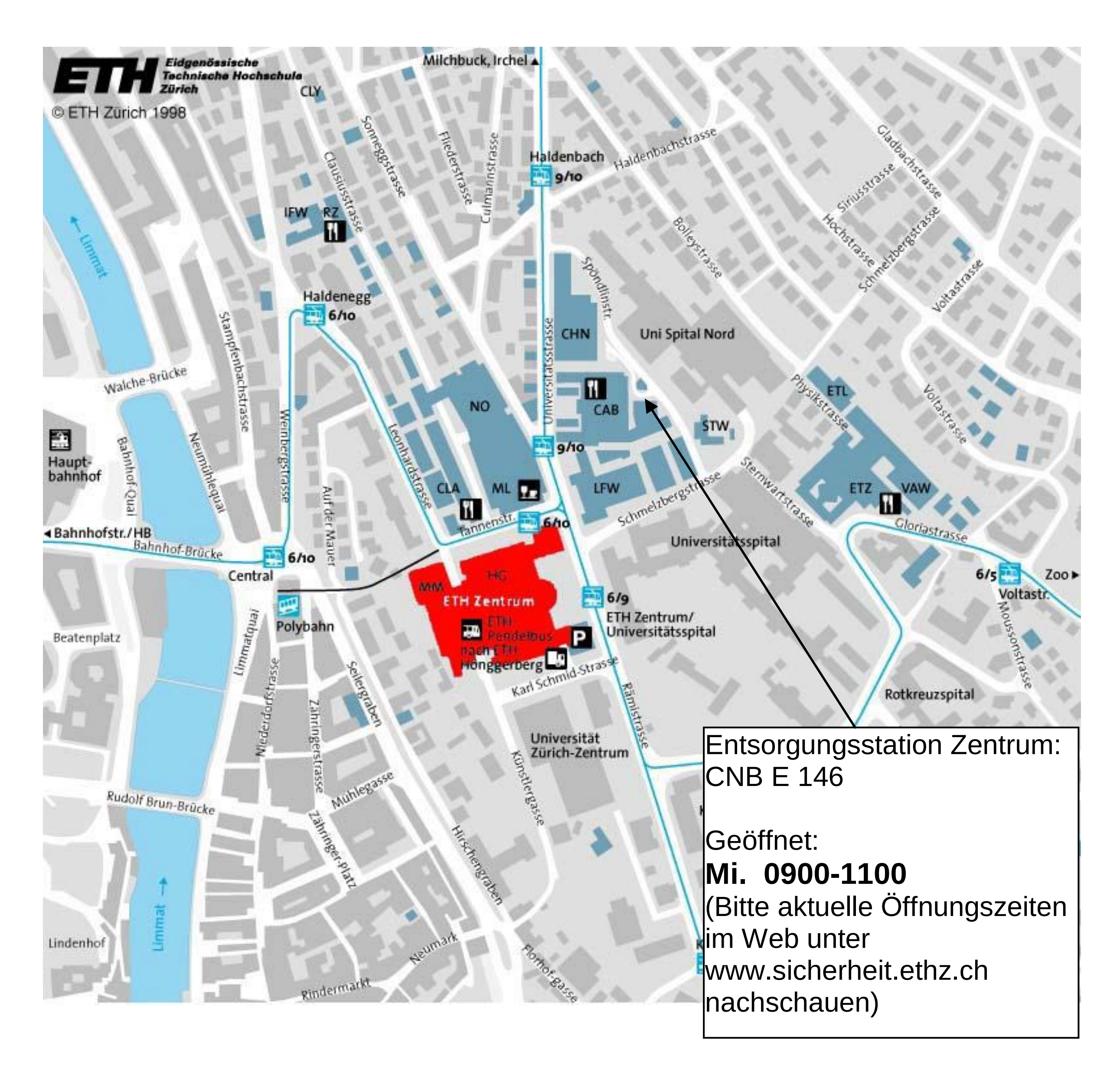
Entsorgungsstelle:
HCI D 276

Geöffnet:
Mo. - Fr. 1400-1600
Während des Semesters
(Bitte aktuelle Öffnungszeiten im Web unter www.sicherheit.ethz.ch nachschauen)

Unsere Abteilung steht auch für Spezialtransporte und spezielle Entsorgung ausserhalb der offiziellen Öffnungszeiten nach frühzeitiger Absprache zur Verfügung.

Meldungen an die e-mail - Adresse: entsorgung@su.ethz.ch

Zentrum



- ➔ Alle abgegebenen Behälter beschriften mit:
  - Name der Substanz
  - Verantwortliche/r
  - interne Telefonnummer
- ➔ Bitte stopfe keine Fremdstoffe in die Flaschen mit Lösungen, sie verstopfen die Pumpen der Entsorgungsanlage.
- ➔ **Keine Chemikalien ausserhalb der Öffnungszeiten vor den Lagern abstellen!**
- ➔ Als **Sammelbehälter** stehen zur Verfügung (ausser den Orginalgebinden):
  - für flüssige Abfälle: 10- und 20-Liter-Kanister
  - für feste Abfälle: 30-Liter-Container
  - für Batterien: spezielle Kistchen

3.5.2 Organische Chemikalien

Bezeichnung	Bemerkungen	Entsorgung
Org. Lösungsmittel allgemein	Chlorierte und unchlorierte in der Regel getrennt (1 - 2% chlorierte org. Lösungsm. werden toleriert). Bei kleineren Mengen chlorierter org. Lösungsm. lohnt sich jedoch eine Trennung nicht. Wasserhaltige Lösungsm. müssen neutral sein.	Sammelbehälter gelb = chlorierte neutral = unchlorierte
Org. Lösungsmittel mit Metallverbindungen	Chlorierte und unchlorierte in der Regel getrennt	Sammelbehälter org. Lösungsmittel
Flüssige Ether	Zu den Lösungsmitteln geben, wenn sie *keine Peroxide* enthalten (Peroxidtest Merckoquant 10011). Sonst in der Orginalflasche mit einem Hinweis auf den Peroxidgehalt abgeben. *Alte Etherflaschen gar nicht erst öffnen!*	Sammelbehälter oder Entsorgungslager
Scintillation-Vials	Toluol in Plastikfläschchen Radioisotopen: ausschliesslich ^{3}H, ^{14}C und ^{35}S	Sammelbehälter oder Spezialsack (Plastik)
Altöl	Kleine Mengen	Sammelbehälter org. Lösungsmittel unchlor.
	Grössere Mengen	separater Sammelbehälter
Wasser-Öl-Emulsionen		Sammelbehälter
Feste Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ketone, Ester ($C_xH_yO_z$)	Separat in Karton, Papier oder Plastik (Polyethylen) verpacken.	Hauskehricht
Explosive Stoffe, die durch Schlag bzw. Reibung explodieren	z.B. organische Perchlorate, gewisse Azo-, Nitroverbindungen, Peroxide (Hinweis auf dem Etikett beachten)	Anfragen an safety@su.ethz.ch
Gase	Gasflaschen vor Ablauf der Standzeiten zurückgeben! Restdruck in der Flasche belassen (ca. 2 - 10 bar) Gase nur bei Firmen beziehen, die Flaschen mit Inhalt zurücknehmen.	Chemieschalter resp. Lieferant (falls Rückgabe nicht mehr möglich -> Entsorgungslager)
übrige Chemikalien (inkl. nicht-explosive metallorganische Verbindungen)	Separat in Flaschen von maximal 1 Liter Inhalt verpacken. *Mutagene und karzinogene Stoffe speziell bezeichnen (Hinweis auf Etikette beachten)!*	Entsorgungslager

3.5.3 Anorganische Chemikalien

1. Metallsalzlösungen

Bezeichnung	**Bemerkungen**	**Entsorgung**
alle < 0,1 M	*keine* Schwermetalle (insb. Quecksilber, Chrom, Cadmium, Blei) und *keine* Edelmetalle, *keine* Komplexbildner unter fliessendem Kaltwasser einleiten	Kanalisation
sauer	*kein* Quecksilber, Arsen, Cyanid, Fluorid, Sulfid oder Komplexbildner	Sammelbehälter
alkalisch	*kein* Ammoniak, Quecksilber, Arsen, Cyanid oder Komplexbildner	Sammelbehälter
ammoniakhaltig	*kein* Quecksilber, Arsen, Cyanid oder Komplex-bildner	Sammelbehälter
cyanidhaltig	*kein* Quecksilber, Arsen oder Komplexbildner Lösungen müssen alkalisch sein	Sammelbehälter
quecksilberhaltig	*keine* Komplexbildner	Sammelbehälter
arsenhaltig	*keine* Komplexbildner, Lösungen müssen alka-lisch sein	Sammelbehälter
selen-, antimon-, tha-liumhaltig	*keine* Komplexbildner, Lösungen müssen alka-lisch sein	zu den arsenhaltigen
mit stabilen Metall-komplexen	z.B. mit EDTA-Komplexen *kein* Quecksilber, Arsen oder Cyanid	Sammelbehälter
Kjeldahllösungen	mit Quecksilberkatalysator	Sammelbehälter

2. Säuren

Bezeichnung	**Bemerkungen**	**Entsorgung**
Chromschwefelsäure		Sammelbehälter
Flussäure	Giftklasse 1; nur mit speziellen Handschuhen und Gesichtsschutzschild arbeiten	Sammelbehälter
Konz. Salzsäure	nur mit Handschuhen und Brille arbeiten	Sammelbehälter
Konz. Schwefelsäure	nur mit Handschuhen und Brille arbeiten	Sammelbehälter
übrige konz. Säuren	separat sammeln	Sammelbehälter
Königswasser	auf 35% verdünnen	Sammelbehälter
übrige bis 0,1 M	nach Möglichkeit neutralisieren, in Wasser ein-rühren, unter fliessendem Kaltwasser einleiten	Kanalisation

3. Laugen

Bezeichnung	Bemerkungen	Entsorgung
konzentriert	separat sammeln, nur mit Brille und Handschuhen arbeiten	Sammelbehälter
bis 0,1 M	nach Möglichkeit neutralisieren, in Wasser einrühren, unter fliessendem Kaltwasser einleiten	Kanalisation

4. Explosive, entzündliche oder brandfördernde Stoffe, die mit Wasser entzündliche Gase bilden

NOTRUF :888

Bezeichnung	Bemerkungen	Entsorgung
Phosphor	in Glasflasche unter Wasser abfüllen	Entsorgungslager
Metalle	in Glasflasche oder Weissblechdose unter Paraffinöl abfüllen	Entsorgungslager
Alkaliamid	in Glasflasche unter Toluol abfüllen	Entsorgungslager
Wasserstoffperoxid	stark verdünnen, unter fliessendem Kaltwasser einleiten	Kanalisation
brandfördernde Stoffe	z.B. gewisse Acetylide, Azide, Chlorate, Fulminate, Hydride, Nitrate, Nitrite, Perchlorate, Peroxide und Perchlorsäure; entsprechend verpacken	Entsorgungslager
explosive Stoffe	z.B. übrige Acetylide, Azide, Chlorate, Fulminate, Hydride, Nitrate, Nitrite, Perchlorate, Peroxide; entsprechend verpacken	Entsorgungslager vorher anfragen: safety@su.ethz.ch

5. Anderes

Bezeichnung	Bemerkungen	Entsorgung
Fotofixierlösung		Sammelbehälter
Fotoentwicklerlösung		Sammelbehälter
Filme		Entsorgungslager
Gase	Gasflaschen vor Ablauf der Standzeiten zurückgeben! Restdruck in der Flasche belassen (ca. 2 - 10 bar) Gase nur bei Firmen beziehen, die Flaschen mit Inhalt zurücknehmen.	Chemieschalter resp. Lieferant (falls Rückgabe nicht mehr möglich -> Entsorgungslager)
übrige Chemikalien	feste Salze, Stoffe, die saure Dämpfe entwickeln etc.; separat verpacken	Entsorgungslager
Altglas	Farbtrennung nicht nötig; Gläser ohne feste Rückstände einmal mit Wasser spülen, Verschlüsse entfernen, Etiketten müssen nicht entfernt werden	Sammelbehälter

Fortsetzung (5. Anderes)

Bezeichnung	Bemerkungen	Entsorgung
Trockenbatterien, quecksilberhaltig	separat sammeln	Sammelbehälter
Trockenbatterien, übrige		Sammelbehälter
Kunststoffe	*nur PVC, Polystyrol und PET separat* sammeln; andere zum Hauskehricht geben	Sammelbehälter oder Hauskehricht
Aluminium, Eisen, Stahl	separat sammeln; Alu-Getränkedosen möglichst getrennt vom übrigen Aluminium (Wertstoff)	Sammelbehälter oder Entsorgungslager
Karton	sauber und frei von Kunststoffen und anderem Fremdmaterial, Bostich werden toleriert	Sammelbehälter
Papier	sauber und frei von Kunststoffen und anderem Fremdmaterial, Bostich werden toleriert	Sammelbehälter

3.5.4 Verschüttete Chemikalien

Viele **leichtflüchtige Verbindungen** (vor allem Lösungsmittel) bilden mit Luft **explosive Gemische**, die sich am Boden anreichern, da sie schwerer als Luft sind. Offene Flammen vermeiden und sofort lüften. Sicherung (nur wenn ausserhalb des Raumes mit explosivem Gemisch, Funken!) herausschrauben.

Bei Verbindungen, die **stark giftige oder ätzende Dämpfe** oder **giftigen Staub** bilden: Gegend abriegeln und 888 anrufen

NOTRUF : 888

1. Gase

➔ **Druckgasflasche Leck**

- In Kapelle stellen
- Bei giftigem, entzündlichem oder brandförderndem Gas Gegend abriegeln
- In jedem Fall 888 anrufen

NOTRUF : 888

evtl. **Feuerwehr 0-118** alarmieren

2. *Explosive, entzündliche oder brandfördernde Stoffe, die mit Wasser entzündliche Gase bilden*

Offene Flammen vermeiden. Sicherungen nur herausschrauben, wenn sie nicht mit den entzündlichen, brandfördernden Stoffen in Kontakt sind. Keinesfalls Geräte direkt ausschalten (Funken!).

➔ **Phosphor**

mit nassem Sand bedecken und in ein Gefäss mit Wasser schaufeln

➔ **Alkalimetalle**

Gegend abriegeln. In sicherer Distanz warten, ob eine Reaktion mit Umgebungswasser erfolgt. Falls nicht, Alkalimetall mit trockenem Sand bedecken und in ein Gefäss mit Parafinöl schaufeln.

Unbedingt Schutzbrille und Handschuhe tragen! Auf keinen Fall mit den Händen berühren!

➔ **Übrige**

z.B. gewisse Acetylide, Azoverbindungen, Azide, Chlorate, Fulminate, Hydride, Nitrite, Nitroverbindungen, Perchlorate und Perchlorsäure

Gegend abriegeln und 888 anrufen

NOTRUF : 888

3. *Übrige feste Substanzen*

➔ Zusammenwischen. Weiterbehandlung gemäss Seiten 40 bis 43.

4. *Flüssigkeiten*

➔ **wässrige**

neutralisieren, aufwischen. Weiterbehandlung gemäss Seiten 40 bis 43.

➔ **organische**

Mit einem geeigneten Bindemittel aufnehmen (für ungiftige Flüssigkeiten z.B. Papier, Holzspäne, sonst Vermaculit oder Ölbinder)

- **Schwefelkohlenstoff**: zusammen mit dem Bindemittel mit Wasser überschichtet abgeben.
- **übrige**: Bindemittel mit absorbierter Verbindung in Plastik verpacken und abgeben.

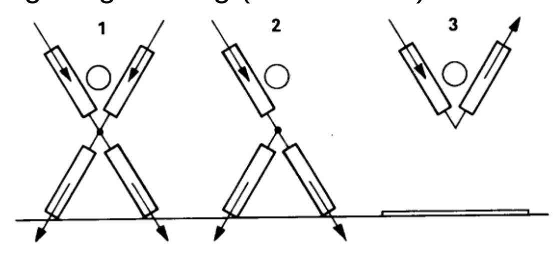
5. Quecksilber

Zuerst immer elementar mit einem kleinen Pinsel oder Besen zusammenkehren, einsammeln in beliebigem Gefäss und in die Entsorgungsstelle bringen. Bei Bedarf können wir Sie unterstützen und/oder weitere Hilfsmittel zur Verfügung stellen.

4. ARBEITEN MIT ELEKTRIZITÄT

In diesem Kapitel erhältst Du sowohl Hinweise zum Umgang mit Niederspannung (50 - 1000 Volt) als auch zum richtigen Verhalten beim Arbeiten mit Hochspannung (über 1000 Volt). Schwachstrom (< 50 Volt, < 2 A), der z.B. in der Messtechnik eingesetzt wird, gilt als unbedenklich. Bei Kleinspannungen (< 50 Volt) ist vor allem die Brandgefahr zu beachten, für den Menschen sind sie in den meisten Fällen nicht lebensgefährlich. Für das Verhalten bei Unfällen mit Elektrizität wird auf Kapitel 2 verwiesen.

Zuerst einige allgemeine Bemerkungen zum Thema Elektrizität:
Normalerweise wird durch die Isolation elektrischer Geräte verhindert, dass der menschliche Körper direkt mit Strom in Kontakt kommt. Bei fehlerhafter Isolation oder unsachgemässem Umgang mit elektrischen Installationen kann ein Stromkreis jedoch auch über den Körper eines Menschen geschlossen werden. Dabei sind vor allem drei Durchströmungswege häufig (siehe unten):



1 Hände - Füsse (Widerstand etwa 550 Ohm)
2 Hand - Füsse (Widerstand etwa 750 Ohm)
3 Hand - Hand bei isoliertem Boden (Widerstand etwa 1000 Ohm)
Abb. 4.1: Die drei häufigsten Durchströmungswege durch den Menschen. Aus: SBA Nr. 135, SUVA

Der Widerstand des Körpers hängt vom Stromweg und der Feuchtigkeit der Haut, aber auch von Kleidungsstücken, Fussböden, Schuhwerk u.a. ab. Bei den oben angegebenen Werten handelt es sich deshalb lediglich um Schätzungen. Für die Berechnung von Berührungsströmen wird in der Schweiz mit einem Körperwiderstand von 1000 Ohm gerechnet.

Der menschliche Körper kann einerseits direkt durch den fliessenden Strom geschädigt werden, insbesondere wenn das Herz in der Strombahn liegt (1 und 3, siehe auch Tabelle 4.1). Andererseits kommt es bei geringeren Stromstärken auch häufig zu indirekten Schädigungen, etwa wenn eine durch den elektrischen Schlag erschreckte Person von einer Leiter oder einem Stuhl fällt.

Bei Stromfluss über den Körper durch einen Stromkreis gilt, dass der Strom I um so grösser ist, je grösser die Spannung U und je kleiner der Widerstand R ist, d.h.

$$I = \frac{U}{R} \text{ [Ampere]}$$

Ausschlaggebend für die Auswirkung des Stroms auf den Körper ist die Stromstärke I und die Einwirkzeit. Beispielsweise wirkt bei einer Spannung von 220 Volt und einem Durchfluss von den Händen zu den Füssen (Widerstand etwa 550 Ohm) ein Strom von:

$$I = \frac{220 \text{ Volt}}{550 \text{ Ohm}} = 0{,}4 \text{ Ampere} = 400 \text{ Milliampere.}$$

Da elektrischer Strom die durchflossenen Muskeln zur Kontraktion anregt, bewirkt er meistens eine starke Muskelverkrampfung, falls der Stromfluss nicht unterbrochen wird. Dies ist insbesondere bei der Atemmuskulatur, welche dadurch stillgelegt wird, problematisch. Im Herzmuskel, dessen Funktion auf elektrochemischen Vorgängen beruht, kann es durch den von aussen einwirkenden Strom zum Herzkammerflimmern kommen (ungeordnete, krampfartige Kontraktionen einzelner Muskelfasern), wodurch der Bluttransport praktisch unterbrochen wird und das Opfer in Lebensgefahr gerät. Bereits eine Stromstärke von 400 Milliampere (siehe oben) kann ein solches Herzkammerflimmern auslösen. Gelingt es jedoch, den Stromfluss vor Ablauf einer Herzperiode (ca. 0,8 Sekunden) zu unterbrechen, können auch hohe Stromstärken ohne grössere Schäden ertragen werden.

In der folgenden Tabelle werden die möglichen Auswirkungen von Berührungsstrom je nach Stromstärke und Einwirkzeit dargestellt (Schwellenwerte):

Stromstärke	Auswirkungen des Stromes
0,05 mA	Kribbeln, mit der Zunge wahrnehmbar
1mA	Kribbeln, mit dem Finger wahrnehmbar
1 bis 15 mA	zunehmendes Kribbeln, schliesslich beginnender Muskelkrampf
15 bis 20 mA	Loslassschwelle (Hand kann nicht mehr vom umfassten Leiter gelöst werden)
20 bis 50 mA	zunehmender Muskelkrampf, Atemnot, Atemstillstand und innert 3 bis 4 Minuten Erstickungstod (falls Stromfluss nicht unterbrochen wird)
50 mA	Herzkammerflimmern nach einigen Sekunden möglich; Tod (Flimmerschwelle)
über 50 mA	Herzkammerflimmern nach (Bruchteilen von) Sekunden; Tod
über 3 A	starke Verbrennungen; Tod

Tabelle 4.1: Mögliche Auswirkungen von Berührungsstrom. Aus: SBA Nr. 135, SUVA

Der Stromfluss hat ausserdem thermische Wirkungen. Bei kleinen Eintrittsflächen (z.B. Drähtchen) kann es bereits bei Spannungen von 220 Volt zu Verbrennungen kommen, die tief in die Haut hineinreichen und Infektionsherde bilden können. Grossflächige Brandwunden sind wegen dem damit verbundenen grossen Flüssigkeitsverlust sogar lebensbedrohlich. Vor allem bei längerer Einwirkung von Gleichstrom besteht die Gefahr der Blutzersetzung.

Diese Beispiele zeigen, dass bereits im Umgang mit relativ tiefen Spannungen und Stromstärken eine gewisse Sorgfalt nötig ist. Die folgenden Hinweise solltest Du deshalb im Umgang mit technischen Geräten immer befolgen!

4.1 Allgemeines Verhalten

- ➔ **Defekte an Kabeln, Steckern oder Geräten** sind sofort einer Aufsichtsperson zu Reparatur zu melden. Du solltest keinesfalls versuchen, einen Defekt selber provisorisch (Isolierband etc.) zu beheben.
- ➔ **Installationen** am Hausnetz dürfen **nur von fachkundigem Personal** ausgeführt werden (Betriebselektriker, Hausdienst).
- ➔ Elektrische Apparaturen dürfen nicht im Bereich von **Spritzwasser** aufgestellt werden.
- ➔ **Überbrücke oder verändere nie Schutzgeräte** (Sicherungen, Schutzschalter etc.).
- ➔ Apparate, die aus messtechnischen Gründen **nicht geerdet** werden können, müssen durch Trenntrafos oder Fehlerstromschutzschalter ausreichend gesichert werden.
- ➔ Verwende für **Isolationen** Kunststoffe oder Keramik. Karton und Holz sind grundsätzlich dafür nicht geeignet.
- ➔ **Trenne** elektrische Geräte vor jeglicher Manipulation **von der Stromquelle**.
- ➔ Verwende für **Starkstromanlagen** keine Bananenstecker und Verlängerungskabel mit beidseitigen Steckern. Blanke Drähte und Übergangsstücke, welche die Wirksamkeit des Schutzleiters beeinträchtigen, sind gefährlich!
- ➔ Beim Auslegen von **Verlängerungskabeln** ist darauf zu achten, dass niemand darüber stolpern kann (gegebenenfalls mit Klebband fixieren). Für feste Installationen darf das Verlängerungskabel nicht länger als 5 Meter sein. Verlängerungskabel**rollen** müssen vor der Inbetriebnahme **ganz abgerollt** werden, insbesondere wenn Geräte mit grosser Leistung angeschlossen werden (bei aufgerolltem Kabel Brandgefahr, da Widerstand steigt).
- ➔ Bei der Verwendung von **veränderten Geräten und Steckern** (insb. ungeprüften) ist abzuklären, ob eine geeignete Absicherung vorhanden ist (im Idealfall FI-Schalter). Informiere Dich bei Unsicherheiten bei einer/m Verantwortlichen.
- ➔ Ziehe immer eine Fachkraft bei, wenn Du im Zweifel bist, ob die benützte Apparatur ordnungsgemäss installiert und funktionstüchtig ist.

4.2 Verhalten bei Unfällen

siehe Kapitel 2

4.3 Entsorgung

siehe Kapitel 3.5

4.4 Arbeiten mit Hochspannung

In diesem Abschnitt wird vor allem auf die Verwendung von Hochspannung zu Versuchszwecken, z.B. im Hochspannungslabor, eingegangen. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass auch **viele Geräte, die hohe Leistungen irgendeiner Art erbringen müssen, mit Hochspannung betrieben werden**. Dies gilt z.B. für alle Laser der Klasse 4, für NMR-Geräten und für Elektronenmikroskope**. Für all diese Geräte gilt**:

- ➔ **Vor jeder Manipulationen**, für die das Gehäuse geöffnet werden muss, ist das Gerät unbedingt **von der Stromversorgung** zu **trennen**.
- ➔ Falls die Sicherung herausgeschraubt wird, ist am Sicherungskasten eine **Hinweistafel** anzubringen, damit niemand versehentlich die Sicherung zu früh wieder hineinschraubt!

Räume, in denen mit Hochspannung gearbeitet wird und Geräte, die mit Hochspannung betrieben werden, sind mit diesem Gefahrenzeichen gekennzeichnet:



4.4.1 Allgemeines

- ➔ Beachte für sämtliche Niederspannungsschaltungen (220 V) die Hinweise in Kapitel 4.1.
- ➔ Informiere Dich, bevor Du mit dem Versuchsaufbau beginnst, über **das richtige Verhalten bei Unfällen** mit Strom (siehe Kapitel 2).
- ➔ Informiere Dich vor der Durchführung von **Versuchen mit Gasen** über deren Eigenschaften und Gefahrenpotentiale (siehe Kapitel 7.2). Berücksichtige auch, dass während dem Versuch weitere (evtl. toxische) Verbindungen entstehen könnten.
- ➔ Betrachte jeden Versuchsprüfkreis, der **nicht sichtbar geerdet** ist (Erdungsstange), als unter Spannung stehend. Schon eine blosse Annäherung kann lebensgefährlich sein!
- ➔ Betätige die roten **Notschalter nur bei einem Unfall** (sie bewirken die sofortige Abschaltung der ganzen Laborspeisung und lösen bei der Fachgruppe einen Alarm aus, damit eine schnelle Hilfeleistung gewährleistet ist).

4.4.2 Versuchsaufbau

- ➔ Hochspannungsführende Teile dürfen sich **nur innerhalb des abgeschrankten Versuchsfeldes** befinden. Sie sind so zu sichern und aufzustellen, dass ausserhalb des Versuchsfeldes keine Gefahr bestehen kann.
- ➔ Der **Zugang** zum Versuchsfeld ist mit Gittern und einer Absperrtüre zu sichern.

➔ Die Auflagen der Erdungsstange(n) und sämtliche Absperrgitter und -türen müssen in den **Sicherheitskreis** miteinbezogen werden.

➔ **Vor dem ersten Einschalten der Prüfanlage** muss die Funktion des Sicherheitskreises überprüft werden.

➔ Überprüfe bei **grösseren Änderungen** der Prüfanlage die Sicherheit innerhalb und ausserhalb des Versuchsfeldes erneut.

4.4.3 Betrieb

➔ Benutze den Sicherheitskreis nicht zum routinemässigen Ausschalten der Prüfanlage.

➔ **Vor dem Betreten** des Versuchsfeldes:

- sind alle **Hochspannungsquellen** auszuschalten.
- ist der Hochspannungskreis kontaktsicher und bleibend mit der Erdungsstange zu **erden**.
- muss insbesondere bei Gleich- und Stossspannungsversuchen darauf geachtet werden, dass alle **Kondensatoren** im Versuchsfeld entladet und geerdet sind.

➔ Kontrolliere **vor dem Einschalten** der Hochspannungs-Prüfanlage, ob:

- **alle Personen das Versuchsfeld verlassen haben.**
- **die Erdungsstange entfernt und am dafür vorgesehenen Ort eingehängt wurde.**
- **der Zugang zum Versuchsfeld mit der Absperrtüre verschlossen ist.**

➔ Ziehe **bei Unsicherheiten jeglicher Art** unbedingt eine Fachkraft (z.B. Fachgruppe Hochspannungstechnik) bei.

4.4.4 Entsorgung

siehe auch Kapitel 3.5

➔ Sorge bei Versuchen mit Gasen für **eine ordnungsgemässe Entsorgung**. Achte insbesondere darauf, das beim Abbauen der Apparaturen keine Gase in die Laboratmosphäre entweichen können.

Literatur:
Schweizerische Blätter für Arbeitssicherheit (SBA), Nr. 103: Die Fehlerstromschutzschaltung; SUVA; Luzern; 1990
Homberger, E.: Die Gefahren der Elektrizität; SBA Nr. 135; SUVA; Luzern; 1988

5. ARBEITEN MIT RADIOAKTIVEN MATERIALIEN

Unter radioaktiven Materialien versteht man Substanzen, die durch spontanen Zerfall ihrer Atomkerne ionisierende Strahlung aussenden. Diese Strahlung ist wiederum in der Lage, durch Abspaltung von Elektronen oder Aufspaltung von Atomen oder Molekülen Ionen zu erzeugen. Mit radioaktiven Materialien kannst Du an der ETHZ in Form von sogenannten **„offenen“ oder „geschlossenen“ Quellen** in Kontakt kommen.

Unter **„offen“** versteht man Quellen, die Stoffe enthalten, die austreten und dadurch Kontaminationen verursachen können. Typische Isotope sind Wasserstoff-3 (Tritium), Kohlenstoff-14, Phosphor-32 oder Schwefel-35. Sie werden z.B. in der Biochemie zur Markierung eingesetzt. Bei allen offenen Quellen besteht die Gefahr der Inkorporation, z.B. durch Inhalation kontaminierter Luft.

Quellen sind dann **„geschlossen“**, wenn durch ihre Bauart ein Austreten der radioaktiven Stoffe unter üblicher Beanspruchung unmöglich ist. Sie werden vor allem in der Mess- und Regeltechnik und in der Medizin eingesetzt (bspw. Kobalt-60, Strontium-90). Röntgengeräte sind eine weitere Art von geschlossenen Quellen. Sie werden vor allem zur Strukturanalyse und zur Materialprüfung eingesetzt. Bei geschlossenen Quellen besteht vor allem die Gefahr einer äusseren Bestrahlung, falls das Gerät nicht genügend abgeschirmt ist oder unsachgemäss bedient wird.

Ausser bei geschlossenen Quellen wie Röntgengeräten, bei denen die ionisierende Strahlung absichtlich erzeugt wird, **kann es auch bei Geräten, die mit Hochspannung betrieben werden, zur (nicht beabsichtigten) Bildung ionisierender Strahlung kommen, so z.B. bei Elektronenmikroskopen**. Die Strahlung kann entstehen, wenn Teilchen hoher Energie z.B. im Innern des Gerätes abgebremst werden. Normalerweise wird diese Strahlung durch die Geräteauslegung abgeschirmt. Trotzdem ist im Umgang mit derartigen Geräten hinsichtlich des Strahlenschutzes eine gewisse Vorsicht geboten. So sollten z.B. keine Verkleidungen entfernt oder Flansche selber ersetzt werden.

Die mittlere jährliche Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen beträgt in der Schweiz etwa 3,5 mSv (die Einheit „Sievert“ steht für die Äquivalenzdosis, d.h. die Energiedosis multipliziert mit einem Bewertungsfaktor für die jeweilige Strahlenart; für eine Schädigung massgebend), wobei das Radon in Wohnräumen den grössten Anteil hat. Die durchschnittliche Belastung durch künstliche Quellen beträgt etwa 1,4 mSv, wobei hier die medizinischen Anwendungen im Vordergrund stehen.

Die **Auswirkungen ionisierender Strahlung** auf den Körper ist abhängig von der Dosis und vor allem der Einwirkungszeit. So ist beispielsweise eine Ganzkörperdosis von 5 Sv, innert wenigen Sekunden akkumuliert, tödlich, langsam über Wochen appliziert jedoch möglicherweise sogar ohne klinisch fassbaren Effekt.
Bei akuter äusserer Bestrahlung sind ab Kurzzeitdosen von etwa 0,5 Sv an aufwärts nichtstochastische Strahlenschäden (d.h. bei jeder mit dieser Dosis bestrahlten Person, dosisabhängig) zu erwarten. Bei rein äusserer Strahlung kommt es dabei zu Schäden der Haut und evtl. des darunterliegenden Gewebes. Nach einer Latenzzeit von Tagen oder Wochen kommt es zu Entzündungsreaktionen und Nekrosen. Bei akuter Ganzkörperbestrahlung von 0,5 bis 1 Sv an aufwärts kommt es zur sogenannten „Strahlenkrankheit“ (Übelkeit, später Hautschäden, Haarausfall, typische Chromosomenveränderungen etc.).

Nach einer Inkorporation sind akut im Prinzip dieselben Schäden zu erwarten, wobei einzelne Substanzen oft in bestimmten Geweben akkumuliert werden (z.B. Jod-125 in der Schilddrüse). Die biologische Halbwertszeit variiert deshalb zwischen einigen Stunden und mehreren Jahrzehnten.

Bei chronischer Belastung des Körpers mit ionisierender Strahlung ist vor allem das Krebsrisiko und die Gefahr genetischer Schäden zu beachten. Entscheidend ist hierbei, dass für diese Schädigungen keine Schwellendosis bekannt ist!

Bei der Arbeit mit radioaktiven Materialien sind deshalb weitere Schutzmassnahmen nötig, die im folgenden beschrieben werden. Du findest ausserdem Hinweise zum richtigen Verhalten bei Unfällen und zur Entsorgung.

5.1 Allgemeines Verhalten

5.1.1 Allgemeine Grundsätze

- ➔ Arbeite **nicht ohne Einarbeitung** durch eine erfahrene Person mit radioaktiven Materialien.
- ➔ Arbeite nach Möglichkeit **nie alleine** in einem Isotopenlabor.
- ➔ Arbeite grundsätzlich so, dass **jegliche Kontamination** von Kapellenwannen, Wänden, Böden, Arbeitskleidung, Werkzeugen etc. **unterbleibt**.
- ➔ Sollte dennoch eine **Kontamination** erfolgen, ist sie **unverzüglich** dem/der Strahlenschutzbeauftragen des Institutes zu **melden**.
- ➔ **Ess- und Trinkwaren** dürfen im Labor nicht aufbewahrt oder konsumiert werden.
- ➔ Das **Rauchen** ist im Labor generell untersagt.
- ➔ **Schneuze Dich nie im Labor**. Durch möglicherweise kontaminierte Handschuhe könnten sonst radioaktive Substanzen ins Gesicht oder die Nase gelangen.
- ➔ Verwende **keine Kosmetika** (insb. Feuchtigkeitscrème) im Labor. Die evtl. darin enthaltenen Liposomen können radioaktive Substanzen in die Haut transportieren.
- ➔ Gehe beim Einsatz radioaktiver Materialien, insb. nicht brennbarer, überlegt vor, um die Menge des **produzierten Abfalls möglichst gering** zu halten. Abfallvermeidung darf jedoch nicht auf Kosten der Arbeitssicherheit betrieben werden (z.B. nicht aus Gründen der Abfallvermeidung mit verschmutzten Handschuhen weiterarbeiten).
- ➔ Es darf **nichts aus der kontrollierten Zone herausgebracht** werden, **ohne** auf Radioaktivität **kontrolliert** worden zu sein.

5.1.2 Arbeitskleidung

➔ Trage während der Arbeit in Isotopenlabors immer Handschuhe und einen speziellen **Labormantel**.

➔ Während der Arbeit mit offenen Quellen sind grundsätzlich **Handschuhe** zu tragen (Wegwerfhandschuhe aus PVC oder PE, Untersuchungshandschuhe aus Latex).

5.1.3 Arbeitsplatz

➔ Am Arbeitsplatz sollte **immer greifbar** vorhanden sein:

- ausreichende Menge an Handschuhen (siehe oben)
- Kleenex
- Abfallbehälter
- Kontaminationsmonitor (ausser bei Arbeiten mit ^{3}H)

➔ Arbeite mit offenen Quellen grundsätzlich in einer Kapelle.

➔ Arbeite an einem klar definierten Ort in mit saugfähigem Material (z.B. Benchcoat) ausgelegten Wannen aus Edelstahl oder PVC.

➔ Beschrifte sämtliche Gefässe, speziell solche mit radioaktivem Inhalt, immer sofort:

- Art des Nuklids
- Aktivität
- Name des/der Verantwortlichen.

Dies gilt insbesondere für Behälter, die in allgemein zugänglichen Kühl- und Gefrierschränken gelagert werden. Verwende zur Beschriftung wasserfeste Filzstifte oder Kugelschreiber.

➔ Das **Hausvakuum** darf nicht verwendet werden. Benutze Wasserstrahlpumpen mit Vakuumkontroller.

➔ **Vermeide** nach Möglichkeit die Verwendung von **Spritzen oder Kanülen** (Verletzungs- und Kontaminationsgefahr).

➔ Arbeitsgeräte nur ausserhalb der Kapellen **abwaschen**. Benütze dafür nur Becken, deren Abwasser vor der Einleitung in die Kanalisation kontrolliert wird.

➔ Bringe **kein Büromaterial** in ein Laboratorium, in dem mit offenen Quellen gearbeitet wird.

➔ Bei Arbeiten, die länger als 24 Stunden dauern, ist die Kapelle mit einem Kapellenschild zu versehen.

5.2 Eigenschaften der wichtigsten Isotope

Erläuterungen:

- Einheit Bequerel (Bq): wird für die Aktivität, d.h. die Anzahl radioaktiver Zerfälle pro Zeiteinheit, verwendet. Oft wird noch die historische Einheit Curie verwendet (1 Ci = 3,7 $\cdot$ 10^{10} Bq).
- Die Kontaminationsdosis bezieht sich auf die Energiemenge, welche von blosser Haut aufgenommen wird.
- Die Folgedosis E50 bezeichnet die durchschnittliche Dosis, die man nach der Inkorporation einer bestimmten Aktivität erhält, bevor die Substanz zerfällt oder ausgeschieden wird.

5.2.1 Jod-125

Art der Strahlung	γ-Strahlung
Zerfall	J-125 → Te-125 + Photon + Energie (max. 0,000035 MeV)
Reichweite in Luft	praktisch unbegrenzt
Reichweite in Wasser oder Plexiglas	praktisch unbegrenzt
Reichweite in Blei	0,01 cm Blei reduziert Strahlung auf 10% des Ausgangswertes
Halbwertszeit	59,6 Tage
Direkte Strahlendosis	9.25 MBq, 1 cm Abstand → 50 µSv/h
Kontaminationsdosis	9.25 MBq, 100 cm^2 → 0,15 mSv/min
Folgedosis E50	9.25 MBq, inkorporiert →157 mSv
Besonderheiten	Anreicherung in der Schilddrüse, lange biologische Halbwertszeit (40 Tage). Besondere Vorsicht im Umgang! Bei Inkorporation sofort Jodidtablette verabreichen.

5.2.2 Kohlenstoff-14

Art der Strahlung	β-Strahlung
Zerfall	C-14 → N-14 + Elektron + Antineutrino + Energie (max. 0,157 MeV)
Reichweite in Luft	Zentimeterbereich
Reichweite in Wasser oder Plexiglas	Millimeterbereich
Halbwertszeit	5730 Jahre
Direkte Strahlendosis	9.25 MBq, kein Plexiglas, 10 cm Abstand → 31 µSv/min
	9.25 MBq, Plexiglas → < 0,1 µSv/h
Kontaminationsdosis	9.25 MBq, 100 cm^2 → 0,5 mSv/min
Folgedosis E50	9.25 MBq, inkorporiert → 5,2 mSv
Besonderheiten	Biologische Eigenschaften ähnlich wie bei Schwefel-35

5.2.3 Phosphor-32

Art der Strahlung	β-Strahlung
Zerfall	P-32 → S-32 + Elektron + Antineutrino + Energie (max. 1,7 MeV)
Reichweite in Luft	Meterbereich
Reichweite in Wasser oder Plexiglas	1 bis 10 mm
Halbwertszeit	14,29 Tage
Direkte Strahlendosis	9.25 MBq, Plexiglas, 1 cm Abstand → 0,8 µSv/min
	9.25 MBq, Plexiglas, 50 cm Abstand → 0,0003 µSv/min
Kontaminationsdosis	9.25 MBq, 100 cm^2 → 2,5 mSv/min
Folgedosis E50	9.25 MBq, inkorporiert → 23 mSv

5.2.4 Schwefel-35

Art der Strahlung	β-Strahlung
Zerfall	S-35 → Cl-35 + Elektron + Antineutrino + Energie (max. 0,167 MeV)
Reichweite in Luft	Zentimeterbereich
Reichweite in Wasser oder Plexiglas	Millimeterbereich
Halbwertszeit	87,4 Tage
Direkte Strahlendosis	9.25 MBq, kein Plexiglas, 10 cm Abstand → 31 µSv/min
	9.25 MBq, Plexiglas → < 0,1 µSv/h
Kontaminationsdosis	9.25 MBq, 100 cm^2 → 0,5 mSv/min
Folgedosis E50	9.25 MBq, inkorporiert → 2,6 mSv
Besonderheiten	Wegen der sehr kleinen Strahlungsenergie wird die entstehende Strahlung bereits durch Gummihandschuhe weitgehend abgeschirmt. Gefährlich sind dagegen Kontamination und Inkorporation. Bei Inkorporation Akkumulation hoher Dosen durch lange t ½. Schwefelverbindungen (insb. TRAN35-S) sind oft flüchtig!

5.2.5 Tritium (Wasserstoff-3)

Art der Strahlung	β-Strahlung
Zerfall	H-3→He-3 + Elektron + Antineutrino + Energie (max. 0,000018 MeV)
Reichweite in Luft	Millimeterbereich
Reichweite in Wasser oder Plexiglas	Mikrometerbereich
Halbwertszeit	12,4 Jahre
Direkte Strahlendosis	9.25 MBq, kein Plexiglas, 10 cm Abstand → < 0,1 µSv/h
Kontaminationsdosis	9.25 MBq, 100 cm^2 → < 0,1 µSv/h
Folgedosis E50	9.25 MBq, inkorporiert → 37 mSv
Besonderheiten	Tritium-Strahlung ist mit den üblichen Monitoren nicht nachweisbar. Schädlich bei Inkorporation (Nachweis d. Urinkontrolle).

5.3 Verhalten bei Unfällen

➔ **Bewahre Ruhe. Nicht herumlaufen** (weitere Kontamination), **kontrollierte Zone keinesfalls verlassen** (Ausnahme: Brandfall: Das Labor verlassen, Türe schliessen, vor dem Raum stehen bleiben!).

➔ **Erste Hilfe**:

- **Kontamination intakter Haut:**
  Eine schnelle Reaktion ist hier wichtig! Entferne sofort vorsichtig kontaminierte Handschuhe (entsorgen), Laborkittel sowie kontaminierte Kleidung (Plastiksack). Tupfe die kontaminierte Stelle mit einem Papiertuch ab und wasche sie gründlich mit Wasser und Seife. Falls nötig, können die obersten Hornhautschichten mit einem geeigneten Werkzeug abgeschmirgelt werden (keine offenen Wunden produzieren!). Achte dabei darauf, dass nicht sekundär weitere Hautareale kontaminiert werden! Durch Arzt weiterbehandeln lassen.
- **Kontamination von Wunden:**
  Auch hier ist eine schnelle Reaktion wichtig. Die Selbstreinigung der Wunde sollte nach Möglichkeit durch forcierten Blutaustritt (Druck oder Anlegen eines Stauschlauchs) gefördert werden. Achte dabei darauf, dass nicht sekundär weitere Hautareale kontaminiert werden! Durch Arzt weiterbehandeln lassen.
- **Inkorporation:**
  Falls im Labor vorhanden, möglichst schnell spezifisches Antidot (Dekorporationsmittel) zu Dir nehmen, um die Belastung des Zielorgans zu vermindern (z.B. Kaliumiodid bei Jod-125). Name, und ungefähre Menge des Isotops, Art und Zeitpunkt der Inkorporation festhalten. Durch Arzt weiterbehandeln lassen.

➔ **Anrufen:**

1. **Strahlenschutzbeauftragte/n** des Instituts
2. Abt. SGU (**Nr. 888**)

Informiere sie über Deinen Aufenthaltsort, die Art des Unfalls und der Verletzung sowie die verwendeten Nuklide.

5.4 Entsorgung

(t ½ = Halbwertszeit)

1. Feste Abfälle

Radioaktivitätswarnsymbole müssen unkenntlich gemacht werden.

Bezeichnung	**Bemerkungen**	**Entsorgung**
t ½ < 60 Tage	*inklusive* Schwefel- 35 (t ½ 87,5 Tage) separat sammeln, deutlich und haltbar anschreiben: Nuklid, Einfülldatum, Verantwortliche/r	Sammelbehälter, Abklinglager
Sorte 1	Ra-226, Ra-228	Sammelbehälter
Sorte 2	alle α-Strahler *ausser* Ra-226, Ra-228	Sammelbehälter
Sorte 3	H-3 und C-14	Sammelbehälter
Sorte 4	Nuklide mit t ½ > 60 Tagen *ausser* α-Strahler und H-3, C-14	Sammelbehälter
Sorte 5	Neutronenquellen	Sammelbehälter

2. Flüssige Abfälle

Niemals in den Ausguss schütten!
Das Verdünnen von aktivem Abfall, um die Freigrenze zu erreichen, ist streng untersagt und wird mit einer Busse belegt!

Nach Isotop getrennt in beschrifteten PVC-Flaschen in den Kapellen oder in 10-Liter-Kanistern sammeln.
C-14-Abfälle: 0,05% Natriumazid beigeben (Bildung von 14-CO_2 möglich)
Entsorgung durch Fachpersonal.

Literatur:
Weickhardt, U.: Ionisierende Strahlen. Schweizerische Unfallversicherungsgesellschaft (SUVA); Abteilung Arbeitsmedizin; Nr. 4; Luzern; 1992

6. ARBEITEN MIT STARKEN MAGNETFELDERN

Starke Magnetfelder werden beispielsweise bei NMR-Untersuchungen (=Nuclear Magnetic Resonance) eingesetzt, um Stoffe zu identifizieren oder chemische Strukturen zu untersuchen. Dabei wird die Wechselwirkung magnetischer Atomkerne mit äusseren Magnetfeldern ausgenützt. Magnetfelder entstehen auch in Elektronenmikroskopen vom Durchstrahlungstyp. Bei den Linsen dieser Mikroskope handelt es sich um stromdurchflossene Spulen, die mit Hochspannung versorgt werden. Zwischen den Spulen bildet sich ein Magnetfeld. Da dieses Magnetfeld unter üblichen Bedingungen genügend abgeschirmt ist, um die Gefährdung von Personen auszuschliessen, **wird in diesem Kapitel nur auf das Arbeiten mit NMR eingegangen**.

NMR-Geräte erzeugen einerseits ein sehr starkes homogenes Magnetfeld und andererseits durch ein hochfrequentes magnetisches Wechselfeld Radiowellen. Im Umgang mit NMR ist sicherheitstechnisch vor allem das homogene Magnetfeld von Bedeutung, da das Radiofeld gut abgeschirmt ist. Zu beachten ist, das die Anziehungskraft der Spulen im Verhältnis $1/r^2$ zunimmt, d.h. je näher man dem Magneten mit einem metallischen Objekt kommt, desto stärker wird die Anziehung. Hat sich also insbesondere ein schweres Objekt wie z.B. eine Druckgasflasche erst einmal in Richtung Magnet in Bewegung gesetzt, kann es kaum mehr zum Stillstand gebracht werden. Deshalb müssen einige Hinweise befolgt werden, um einerseits Verletzungen und andererseits teure Schäden am Gerät zu vermeiden.

Gesundheitliche Auswirkungen durch längere Einwirkung starker Magnetfelder auf den menschlichen Körper werden kontrovers diskutiert. Ein eindeutiger Wirkungsmechanismus konnte bisher nicht nachgewiesen werden.
Bei Fragen zum Verhalten bei Unfällen siehe Kapitel 2.

6.1 Allgemeines Verhalten

➔ Besonders gefährdet sind Träger eines **Herzschrittmachers** (vor allem älterer Bauart). Die Funktion des Schrittmachers kann beeinträchtigt oder sogar unterbrochen werden. Vor der Arbeit mit NMR Arzt konsultieren. **Sicherheitsabstände:**

– Geräte mit Frequenzen bis 500 MHz: 5 Meter
– Geräte mit Frequenzen von 500 - 800 MHz: 8 Meter

Diese Abstände gelten sowohl in horizontaler als **auch in vertikaler Richtung**, also auch für Räume, die über oder unter einem Raum mit einem NMR-Gerät liegen. Alle betroffenen Räume sind mit dieser **Warntafel** gekennzeichnet:



- ➔ Träger **metallischer Prothesen** oder Personen, denen nach einer Operation **Metallschrauben oder -platten** nicht entfernt wurden, müssen vor der Arbeit an einem NMR-Gerät abklären, ob die Metallteile magnetisch reagieren. Wenn ja, gilt hier als **Sicherheitsabstand zum NMR: 5 Meter**
- ➔ **Entferne** vor dem Betreten des NMR-Labors **alle metallischen Gegenstände** (Schlüssel, Münzen, Werkzeuge etc.) aus den Taschen und lege alle Schmuckstücke, die magnetisch reagieren könnten, ab.
- ➔ Bringe **keine Kreditkarten, Copy-Cards, Floppy-Disks o.ä.** ins NMR-Labor mit. Die Magnetstreifen werden gelöscht und damit Karten oder Disketten unbrauchbar.
- ➔ **Druckgasflaschen** dürfen **nicht ins NMR-Labor** gebracht werden. Es besteht die Gefahr einer Beschädigung des Gerätes und der Flasche, was je nach Gas zu Verletzungen, Bränden oder Explosionen führen kann.
- ➔ **Manipulationen** jeglicher Art am Gerät dürfen nur von Verantwortlichen durchgeführt werden.
- ➔ Schau nie in das Proben-Einlassrohr. Verletzungsgefahr, falls jemand gleichzeitig eine Probe auswirft.
- ➔ Überschreite bei Experimenten mit Temperaturgradienten nicht **den Siede- resp. Gefrierpunkt der Probe**. Die Gefahr dabei ist, dass ein grosser Druck entstehen kann, der das Proberöhrchen zum Bersten bringt.
- ➔ Im Inneren von NMR-Geräten befindet sich flüssiges Inertgas. Wenn die Supraleitung im Gerät aus irgendeinem Grund aufgehoben wird, entweicht das Gas durch das Sicherheitsventil nach oben in die Laboratmosphäre (sogenannter „**Quench**“; lautes Zischen, Gasnebel über dem Gerät sichtbar). Das Gas ist in der Regel ungiftig, verdrängt jedoch die Atemluft im Raum, weshalb Erstickungsgefahr besteht. Ausserdem besteht bei allen Flüssiggasen wegen ihrer tiefen Temperatur bei Hautkontakt die Gefahr von verbrennungsähnlichen Verletzungen.
  - Raum sofort verlassen, Türe schliessen
  - Bei längerem Haut- oder Augenkontakt sofort gründlich mit kaltem Wasser spülen. Behandeln wie Verbrennung (siehe Kapitel 2).
  - Verantwortliche/n informieren
  - Raum erst wieder betreten, wenn das Fremdgas aus der Raumluft entfernt wurde.

6.2 Verhalten bei Unfällen

siehe Kapitel 2

6.3 Entsorgung

siehe Kapitel 3.5

7. UMGANG MIT DRUCKGASFLASCHEN UND GASEN

Was bei der unsachgemässen Behandlung von Druckgasflaschen alles passieren kann, zeigt folgende Begebenheit:

Sechs Kohlendioxidflaschen, Bestandteile einer Löschanlage, waren von einer Wandbefestigung entfernt worden, damit Maler die Wand ungehindert bemalen konnten. Als die Zylinder wieder montiert werden sollten, stellte man fest, dass einer von ihnen leck war. Einer der Maler nahm ihn über die Schulter und versuchte, ihn über den Boden zu schleppen. In diesem Moment schoss das Flaschenventil heraus und der Zylinder wurde zu einem jet-getriebenen, 100 Kilo schweren Eisengeschoss. Der Maler riss den Zylinder zu Boden, wo er ihn aber nicht länger festhalten konnte. Der Zylinder raste über den Boden, schlug auf einen anderen Zylinder und verbog dessen Ventil. Dann bog er ab und schlug nach etwa 6 Metern auf die Leiter eines Malers, der daraufhin hinunterfiel. Nach mehreren Umdrehungen um sich selbst schoss der Zylinder gegen eine Wand. Wieder bog er ab und begann, den Raum durchquerend, einen Elektriker zu verfolgen. Nach etwa 12 Metern schlug er wieder auf eine Wand und brach vier Backsteine heraus. Nach einem erneuten Abbiegen raste er, wieder den Elektriker verfolgend, durch eine offene Türe. Der Elektriker konnte sich durch eine seitliche Türe in Sicherheit bringen, währenddem der Zylinder weitere 20 Meter geradeaus schoss. Schliesslich fiel er in einen Schacht, wo das restliche Gas ausströmen konnte, ohne weiteren Schaden anzurichten.

Dieser Zwischenfall scheint aus der Distanz eines Nichtbeteiligten zwar höchst amüsant, war es für die Anwesenden aber sicherlich nicht. Er zeigt deutlich, welche Gefahren Gasflaschen mit komprimiertem Inhalt in sich bergen. Eine Gasflasche legt nach dem Herausschiessen des Flaschenventils im freien Flug etwa 800 Meter zurück oder durchschlägt Betonwände von etwa 20 cm Dicke. Die Beachtung der nachfolgenden allgemeinen Hinweise zum Umgang mit Druckgasflaschen bewahrt Dich jedoch sicher vor solchen Vorfällen.

Gasflaschen bergen jedoch nicht nur Gefahren physikalischer Natur, auch der eigentliche Inhalt, die Gase, können brennbar, explosiv oder toxisch sein. Anschliessend werden einige häufig verwendete Gase, die möglichen Gefahren und die nötigen Sicherheitsmassnahmen beschrieben. Bei Fragen zur Entsorgung siehe Kapitel 3.5.

7.1 Allgemeines

Druckgasflaschen enthalten Gase in komprimiertem oder verflüssigtem Zustand (siehe Tabelle 7.1). Der Fülldruck bei komprimierten Gasen beträgt normalerweise 200 bar. Bei verflüssigten Gasen entspricht der Fülldruck dem Dampfdruck der jeweiligen Verbindung. Bei steigenden Temperaturen steigt der Druck in den Druckgasflaschen gemäss der Dampfdruckgleichung stark an:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T}\,(V_1 - V_2)$$

p = Dampfdruck [bar]
T = Temperatur [K]
L = Umwandlungswärme (z.B. Verdampfungsenthalpie)
V_1 = Volumen im dampfförmigen resp. flüssigen Zustand
V_2 = Volumen im flüssigen resp. festen Zustand

7.1.1 Inempfangnahme der Gasflasche

Kontrolliere beim Empfang der Gasflasche, ob der eingestanzte Name des Gases mit der Kennfarbe der Flasche übereinstimmt :

Name	Kennfarbe		Zustand	Druck
	neu	alt		
Acetylen (Dissous)	oxydrot	orange	gasförmig	15 bar
Ammoniak	zinkgelb	violett	flüssig	8 - 10 bar
Argon	smaragdgrün	braun / grün	gasf. kompr.	200 bar
Butan	feuerrot	grau	flüssig	5 - 10 bar
Chlor	gelb	gelb	flüssig	6 - 8 bar
Chlorwasserstoff	gelb	gelb / rot	flüssig	60 - 80 bar
Ethylen	feuerrot	grau	flüssig	20 - 30 bar
Formiergas (N_2/H_2)	feuerrot	rot / grün	gasf. kompr.	200 bar
Helium	olivbrau	gelb / grün	gasf. kompr.	200 bar
Kohlendioxid	staubgrau	schwarz	flüssig	60 bar
Kohlenmonoxid	zinkgelb	grau	gasf. kompr.	200 bar
Luft	gelbgrün	braun	gasf. kompr.	200 bar
Methan	feuerrot	rot / braun	gasf. kompr.	175 - 200 bar
Propan	feuerrot	grau	flüssig	10 - 15 bar
Sauerstoff	reinweiss	blau	gasf. kompr.	200 bar
Schwefeldioxid	zinkgelb	grau	flüssig	5 - 10 bar
Schwefelhexafluorid	gelbgrün	grau	flüssig	17 bar
Schwefelwasserstoff	zinkgelb	grau	flüssig	5 - 15 bar
Stickstoff	tiefschwarz	grün	gasf. kompr.	200 bar
Stickstoffdioxid	zinkgelb	grau	flüssig	10 bar
Wasserstoff	feuerrot	rot	gasf. kompr.	180 - 300 bar

Tabelle 7.1: Name, Kennfarbe, Zustand und Flaschendruck ausgewählter Gase

Bei einer Diskrepanz ist die Flasche sofort dem Lieferanten zurückzugeben. Eine Entnahme zur Feststellung des tatsächlichen Inhalts ist zu unterlassen.

7.1.2 Transport

- ➔ Transportiere Druckgasflaschen nur mit aufgeschraubter **Ventilschutzkappe**.
- ➔ Benütze **für den Transport immer einen Wagen**, insbesondere falls das Reduzierventil schon montiert ist und die Ventilschutzkappe nicht aufgesetzt werden kann. Sichere die Gasflasche beim Transport mit einer feuerfesten Kette.
- ➔ **Versuche niemals**, eine Gasflasche zu rollen, zu schleppen oder über den Boden zu schleifen (siehe S. 61!). Vermeide das Fallenlassen und das Aneinanderschlagen mehrerer Gasflaschen.

7.1.3 Lagerung

➔ Druckgasflaschen dürfen über längere Zeit nur in gut ventilierten, trockenen und genügend feuersicheren Räumen gelagert werden.

➔ Die Installationen müssen bei brennbaren Gasen explosionssicher sein und im Raum darf sich keine Zünd- oder Hitzequelle befinden**. Ein Labor ist also für die Lagerung von Gasflaschen nicht geeignet!**

➔ Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, die ein **Umkippen der Gasflaschen verhindern**. Es empfiehlt sich ausserdem, die Flaschen nach Gasart (brennbar, korrosiv, nicht brennbar) örtlich zu trennen.

➔ Leere und volle Flaschen müssen getrennt gelagert werden. Die leeren Flaschen sind deutlich zu kennzeichnen (z.B. Klebeband mit Aufschrift).

7.1.4 Ventile und Armaturen

An Flaschenventilen sollten nur ExpertInnen Manipulationen irgendwelcher Art vornehmen.
Je nach Gasart besitzen die Gasflaschen unterschiedliche Anschlussgewinde. Grundsätzlich werden unterschieden (Ziffern siehe S. 67):

- Linksgewinde (1) (d.h. mit Linksdrehung zu öffnen)
  für brennbare Gase
- Rechtsgewinde (1)
  für nicht brennbare Gase
- Schraubventile (1) (lassen sich nur mit speziellem Schraubenschlüssel öffnen)
  für korrosive Gase (Chlor, Fluorwasserstoff etc.)
- Innengewinde (d.h. Reduzierventil wird in den Gewindestutzen bei (2) hineingeschraubt)
  für Pressluft, Acetylen
- Aussengewinde (d.h. Reduzierventil wird, wie oben bei (2),
  mit einer Anschlussmutter über den Gewindestutzen geschraubt)
  für Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff etc.

➔ Die Verwendung von **Übergangsventilen** ist nur in Ausnahmefällen zulässig, da dabei gefährliche Verwechslungen passieren können. Es sind in jedem Fall zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu treffen (Ausbildung des Personals, Aufsicht etc.).

➔ Verwende **nur** die für das entsprechende Gas **zugelassenen Reduzierventile**. Das gilt **insbesondere für komprimierten Sauerstoff**. Für reinen Sauerstoff dürfen nur absolut öl- und fettfreie Armaturen verwendet werden, die mit nicht brennbaren Dichtungen ausgestattet und vom Schweizerischen Verband für Schweisstechnik (SVS) zugelassen sind (siehe Kapitel 7.2.5).

7.1.5 Am Verbrauchsort

- ➔ Falls die Flasche nur kurz an einem bestimmten Ort benötigt wird, kann sie auch liegend verwendet werden (ausgenommen Flüssiggase). Stehende Flaschen müssen mindestens mit einer feuerfesten **Kette vor dem Umkippen gesichert** werden. Werden die Flaschen regelmässig oder über eine längere Zeit benötigt, sind festmontierte Schellen, Briden, Ketten o.ä. als Fallsicherung zu verwenden.
- ➔ Bei kleineren Gasflaschen, deren Höhe nicht mehr als das 2,5-fache des Fussdurchmessers beträgt, kann auf zusätzliche Standsicherung verzichtet werden.
- ➔ **Kein Teil eines Druckgaszylinders** darf einer Temperatur **von über 40°C bei verflüssigten und über 60°C bei verdichteten Gasen** ausgesetzt werden. Der Standort ist dementsprechend zu wählen (nicht in der Nähe von Heizungen, heissen Flüssigkeitsbädern etc.).

Denk daran, dass **einige Gase mit bestimmten Materialien heftig reagieren** (siehe Kapitel 7.2):

Bei der Verwendung von **korrosiven Gasen** (Chlor, Fluorwasserstoff etc.) muss das Flaschenventil häufig betätigt werden, um ein Blockieren zu vermeiden. Die Reduzierventile sollten nicht auf der Flasche gelassen werden, ausser sie wird oft benützt. Schliesse das Flaschenventil nach jedem Gebrauch und spüle das Reduzierventil mit trockener Luft oder Stickstoff.

Weitere Vorsichtsmassnahmen bei **chemischen Reaktionen unter erhöhtem Druck** sind in **Kapitel 3.2** beschrieben.

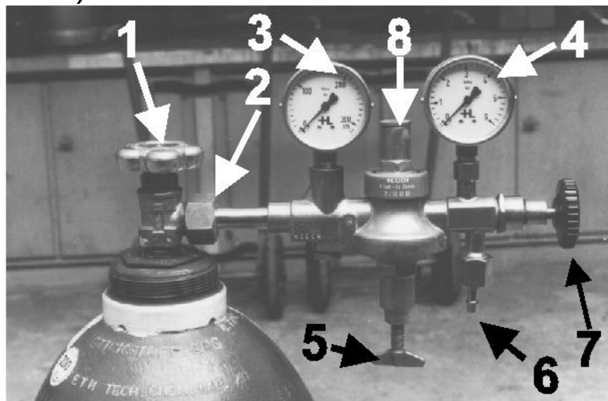
7.1.6 Inbetriebnahme

Verflüssigte Gase

Flüssige Gase werden bei einem Druck entnommen, der dem Dampfdruck der Flüssigkeit bei Raumtemperatur entspricht.
Entnimmt man der Gasflasche grössere Gasmengen, **kühlt sich** der Inhalt wegen der notwendigen Verdampfungswärme **stark ab** (siehe Gleichung S. 61). Die Flasche kann in einem solchen Fall in einem Wasserbad erwärmt werden (nicht über 40°C!), damit das Gehäuse durch die tiefen Temperaturen keinen Schaden nimmt. Verwende keine Heizbänder, Infrarotstrahler o.ä. Die Reduzierventile dürfen nicht erwärmt werden. Das aus der Flasche austretende Gas kann mit speziellen Heizgeräten erwärmt werden, um ein Einfrieren des Reduzierventils zu verhindern. Ansonsten Entnahme analog zu komprimierten Gasen (siehe unten).
Allgemein sollte beim Umgang mit flüssigen Gasen der Hautkontakt vermieden werden, da die kalten Gase „Verbrennungen“ verursachen. Arbeite vorzugsweise mit Handschuhen.

Komprimierte Gase

Das Gas wird der Druckgasflasche mittels eines Reduzierventils entnommen (siehe unten):



1 Flaschenventil
2 Anschluss-Überwurfmutter
3 Inhaltsmanometer
4 Arbeitsdruckmanometer
5 Druckregulierungsschraube
6 Schlauchanschluss
7 Absperrschraube
8 Sicherheitsventil

Abb. 7.1: Gewöhnliches Reduzierventil

Gasentnahme (nicht bei Erstentnahmen)

1. Prüfen, ob die Absperrschraube (7) geschlossen ist, sonst schliessen.
2. Das Flaschenventil (1) langsam und ruckfrei (nur von Hand!) öffnen.
   Prüfe anschliessend, ob die Schraubverbindung (2) zwischen Flaschenventil und Druckreduzierventil dicht ist (z.B. mit Seifenwasser, nie mit offener Flamme). Undichtigkeiten sind sofort zu beheben.
3. Arbeitsdruck auf dem Arbeitsdruckmanometer (4) überprüfen, Höchstdruck (meist rot markiert) nicht überschreiten.
4. Die Absperrschraube (7) langsam öffnen. Das Gas strömt jetzt aus.

7.1.7 Ausserbetriebsetzen

1. Das Flaschenventil (1) schliessen.
2. Die Absperrschraube (7) schliessen.
3. Bei korrosiven Gasen ist zudem das Reduzierventil abzuschrauben und mit trockenem Stickstoff zu spülen
   Bei giftigen Gasen evtl. das ganze System spülen.

- ➔ Gasflaschen dürfen nie vollständig entleert werden; es ist immer ein **Überdruck von mindestens 2 bar zurückzulassen**. Leere Gasflaschen müssen eindeutig als solche bezeichnet werden.
- ➔ Bringe die Gasflaschen ***vor*** **Ablauf der Standzeit** an den Schalter zurück.

7.2 Eigenschaften ausgewählter Gase

Erläuterungen:

Dichte:	bei 0 °C und 1013 mbar
Dampfdruck:	bei 20 °C
R-Sätze und S-Sätze:	siehe Kapitel 4.3, S. 21 bis 23
Giftklasse:	Erläuterungen siehe Kapitel 3.4.1, S. 24
MAK-Wert:	**M**aximale **A**rbeitsplatz**k**onzentration in ml/m^3 = ppm Bei dieser Konzentration schädigt der Stoff bei Arbeitszeiten von 8 bis 9 Stunden täglich und bis 45 Stunden pro Woche auch über längere Zeit nicht.

7.2.1. Acetylen

1. Chemische Charakterisierung

Formel: CH=CH
Form: unter Druck in Aceton gelöst, chemisch instabil
Aussehen, Geruch: farblos, geruchlos (bei Verunreinigungen schlecht riechend)

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -82°C
Siedepunkt: -83,8 °C
Dichte: 1,11 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: - 81,8 °C
Zündtemperatur: ca. 300°C
Explosionsgrenze: 1,5 - 82 Vol.%

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Schon bei geringem Überdruck bei normaler Temperatur oder bei Normaldruck ab ca. 160°C Zerfall unter Explosion möglich. Beim Erhitzen unter Luftausschluss Zerfall in die Elemente.
Beim Kontakt mit Schwermetallen, insb. Kupfer und Silber, Bildung explosiver Schwermetallacetylide. Acetylen-Halogengemische explodieren sehr leicht, spontane Entzündung in Chlorgasatmosphäre. Acetylen-Luft-Gemische innerhalb weiter Grenzen explosionsfähig, schon der Funken eines Hammerschlages genügt zur Entzündung.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brennbar
R-Sätze: 11-14-34
S-Sätze: 9-16-26

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung: keine
- Arbeitshygiene: keine
- Brand-und Explosionsschutz:
Keine Ausrüstungsteile aus Kupfer oder Silber verwenden. Gas keinem Überdruck aussetzen, Flasche keinesfalls erwärmen. Gas nicht in Laboratmosphäre entweichen lassen, nicht mit Halogenen in Kontakt bringen. Elektroinstallationen mit Ex-Schutz benützen

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- nach Erwärmung der Flasche, Flammenrückschlag
Flaschenventil schliessen, Verantwortliche/n verständigen. Wenn sich die Flasche warm anfühlt, sofort ins Freie bringen (falls die Flasche noch mit blosser Hand berührt werden kann). Dort oder sonst direkt im Labor aus grösserer Entfernung und sicherer Stellung mit Wasserstrahl (Sprühstrahl) kühlen. Gleichzeitig Alarmzentrale (Tel. 888) und Feuerwehr (Tel. 0-118) alarmieren und Gegend abriegeln.
Kann das **Flaschenventil nicht geschlossen werden**, eventuelle Flamme nur innerhalb der ersten Minute mit Kohlensäure- oder Trockenlöscher löschen. Sofort alle Zündquellen eliminieren, Fenster und Türen öffnen. Verantwortliche/n verständigen. Transport ins Freie wie oben, sonst mit der Kühlung beginnen. Gleichzeitig Alarmzentrale (Tel. 888) und Feuerwehr (Tel. 0-118) verständigen.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: -
MAK-Wert: 1000 ppm

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.2. Ammoniak

1. Chemische Charakterisierung

Formel: NH_3
Form: Gas, flüssig
Aussehen, Geruch: farblos, intensiv stechend

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -77,7°C
Siedepunkt: -33,3°C
Dichte: 0,73 kg/m^3
Dampfdruck: 7,71 bar
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: 630°C
Explosionsgrenze: 15 - 28 Vol.%

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Ammoniak ist entzündlich, bildet mit Luft und Sauerstoff explosionsfähiges Gemisch. Die Zündtemperatur wird durch verschiedene Katalysatoren wie Platin stark herabgesetzt. Reagiert mit Ammoniak und Chlor exotherm unter Entzündung.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: giftig, ätzend
R-Sätze: 10-23
S-Sätze: 7/9-16-38

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung:
K-Filter bei Gasmasken (grün), Handschuhe und Brille tragen

- Arbeitshygiene:
Wirkt ätzend auf Haut, Augen und Schleimhäute. Alle Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Erfrierungen mit „Brandwunden“. Hautkontakt vermeiden.

- Brand- und Explosionsschutz:
Keine Ausrüstungsteile aus Kupfer oder Messing verwenden. Gas nicht in Laboratmosphäre entweichen lassen. Nicht mit Chlor in Kontakt bringen.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- nach Gasaustritt:
Dämpfe mit Wassersprühstrahl niederschlagen. Anfallendes Ammoniak-Wasser mit verdünnter Schwefelsäure neutralisieren.
Auf ausgetretenes **flüssiges** NH_3 **kein** Wasser geben. CO_2-Schaum.

- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Atemschutz. Opfer sofort an die frische Luft bringen. Arzt.
Bei Haut- und Augenkontakt gründlich mit kaltem Wasser spülen. Behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: 2
MAK-Wert: 25 ppm

8. Angaben zur Ökotoxizität

Fischgift (schädliche Konzentration 1,25 mg/l)

7.2.3. Kohlenmonoxid

1. Chemische Charakterisierung

Formel: CO
Form: Gas
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -205 °C
Siedepunkt: -191,5 °C
Dichte: 1,17 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: 630 °C
Zündtemperatur: 630 °C
Explosionsgrenze: 12,5 - 74,2 Vol.%

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

keine

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brennbar, ätzend
R-Sätze: 12-23
S-Sätze: 7-16

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung:
bei längerem Umgang Atemschutz empfohlen, Handschuhe und Brille tragen
- Arbeitshygiene: keine
- Brand- und Explosionsschutz:
Elektroinstallationen mit Ex-Schutz benützen

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- nach Gasaustritt:
Gefahrengebiet schnellstens räumen. Zone nur mit Vollatemschutz mit Sicherheitsleine betreten.
- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Vollatemschutz. Opfer sofort an die frische Luft bringen, mit Sauerstoff beatmen. Arzt. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: 3
MAK-Wert: 30 ppm
Sehr gefährlich! Verdrängt den Sauerstoff von der Hämoglobinbindung, da 300 mal höhere Affinität. Führt zum Ersticken. 0,1 % in der Luft sind bereits schädlich, 1% tödlich. Besondere Gefahr durch Geruchlosigkeit. Erste Anzeichen: Kopfschmerzen, Schwindel, Spannen der Haut, dann Ohnmacht, Kollaps und nur noch schwacher Puls.

8. Angaben zur Ökotoxizität

gilt als Umweltgift

7.2.4. Erdgase

(am Bsp. Methan, analog für Ethan, Butan, Propan etc.)
Angaben in () jeweils für Ethan, Butan, Propan

1. Chemische Charakterisierung

Formel: CH_4
Form: Gas, (flüssig)
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos (mit Geruchsstoff versehen)

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -182 °C
Siedepunkt: -162 °C
Dichte: 0,84 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: 595 °C
Explosionsgrenzen: 5 - 15 Vol.%, besonders gefährlich 9,4 Vol.%

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Hochentzündlich. Bildet mit Luft explosionsfähiges Gemisch. Methan ist leichter als Luft. (Propan, Butan und andere flüssige Erdgase sind jedoch schwerer als Luft, deshalb Anreicherung am Boden, Eindringen in Keller, Abläufe etc.). Heftige Reaktion mit Chlor und Fluor.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brennbar
R-Sätze: 12
S-Sätze: 9-16-33

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung: keine

- Arbeitshygiene:

(Alle Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Erfrierungen mit „Brandwunden“. Hautkontakt vermeiden.)

- Brand- und Explosionsschutz:

Offene Zündquellen im Bereich von Erdgasen vermeiden. Methan nicht mit Chlor oder Fluor in Kontakt bringen. Bei Erdgasen, die schwerer als Luft sind, die Arbeit in Räumen mit Abläufen o.ä. vermeiden. Elektroinstallationen mit Ex-Schutz benützen.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei leichtem Gasaustritt:

Offene Zündquellen sofort entfernen. Flaschenventil schliessen. Fenster öffnen (möglichst Durchzug). Raum verlassen, Türe schliessen. Methan ist ein ungiftiges Stickgas, das durch Sauerstoffmangel Atemstillstand bewirken kann. Verantwortliche/n informieren**. Falls sich das Ventil nicht schliessen lässt:** Flasche wenn möglich in Kapelle stellen. Fenster öffnen (möglichst Durchzug). Raum verlassen, Türe schliessen. Verantwortliche/n informieren. Alarmzentrale (Tel. 888) anrufen.

- bei starkem Gasaustritt:

Selbstschutz beachten! Offene Zündquellen sofort entfernen. Wenn möglich, Flaschenventil schliessen und Fenster öffnen. Raum verlassen, Türe schliessen. Verantwortliche/n informieren, Alarmzentrale (Tel. 888) und evtl. Feuerwehr (Tel 0-118) anrufen.

- Erste Hilfe:

Bei der Bergung Selbstschutz beachten. Opfer an die frische Luft bringen, tief atmen lassen. Bei Bewusstlosigkeit Arzt. Bei Hautkontakt betroffene Stelle unter kaltes Wasser halten. Gleich behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: 5, ungiftiges Stickgas
MAK-Wert: 10’000 ppm

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.5. Sauerstoff

1. Chemische Charakterisierung

Formel: O_2
Form: Gas
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -218 °C
Siedepunkt: -182, 97 °C
Dichte: 1,35 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: -
Explosionsgrenze: -

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Oxidationen mit Sauerstoff verlaufen häufig stark exotherm, unter Umständen unkontrollierbar (z.B. Knallgasreaktionen). Selbstentzündliche Stoffe (z.B. Alkylmetalle, Metall- oder Nichtmetallhydride, manche Metallpulver etc.) fangen bei Sauerstoffkontakt (rd. 21 - 23 Vol.%) sofort Feuer. Höhere Sauerstoffanteile erhöhen das Entzündungsrisiko erheblich. Reiner Sauerstoff kann organische Stoffe (Öle, Fette etc.) bei Zimmertemperatur zur Entzündung bringen, wobei auch Metallteile abbrennen. Bei verdichtetem Sauerstoff Explosionsgefahr.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brandfördernd
R-Sätze: 8
S-Sätze: 17-21

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung: keine
- Arbeitshygiene:
Atemluft mit über 75% Sauerstoff führt nach einiger Zeit zu Unwohlsein, Atembeschwerden, Lungenödembildung möglich.
- Brand- und Explosionsschutz:
Nur absolut öl- und fettfreie Armaturen mit unbrennbaren Dichtungen verwenden. Diese Armaturen ausschliesslich für Sauerstoff verwenden. Sauerstoff nie zum Abblasen von Kleidung etc. verwenden. Kontakt mit selbstentzündlichen Stoffen vermeiden.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- nach grösserem Gasaustritt:
Sämtliche Zündquellen, selbstentzündliche Stoffe etc. sofort entfernen. Gründlich lüften.
- Flammrückschlag o.ä.:
Falls sofort ohne Selbstgefährdung möglich, Flaschenventil schliessen. Flasche aus sicherer Entfernung mit Sprühstrahl kühlen. Falls nicht möglich, Raum sofort verlassen (Flasche brennt vollständig aus, Explosionsgefahr beim Kontakt mit leicht- oder selbstentzündlichen Stoffen), Feuerwehr (0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren. Gegend räumen.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: -
MAK-Wert: -

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.6 Schwefelhexafluorid

1. Chemische Charakterisierung

Formel: SF_6
Form: Gas, flüssig
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -51°C
Siedepunkt: -63,8°C
Dichte: 6,27 kg/m^3
Dampfdruck: 21,08 bar
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: -
Explosionsgrenze: -

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

H_6Si_2 explodiert bei Kontakt mit SF_6 heftig. Bei thermischer Belastung oder bei der Verwendung in Hochspannungsanlagen kann es zur Bildung von S_2F_{10} kommen, das früher als Kampfgas eingesetzt wurde. S_2F_{10} führt zu starken akuten Atemwegsreizung bis zum Lungenödem.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen:-
R-Sätze: -
S-Sätze: -

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung: keine
- Arbeitshygiene:
Alle Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Erfrierungen mit „Brandwunden“. Hautkontakt vermeiden
- Brand- und Explosionsschutz:
Nicht mit H_6Si_2 in Kontakt bringen.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei Gasaustritt:
Wenn möglich, Ventil schliessen. Sonst Flasche in Kapelle stellen, Fenster öffnen. Raum verlassen (Stickgas), Türe schliessen. Verantwortliche/n und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.
- bei Gasaustritt, während resp. nachdem die Flasche oder das Gas Wärme resp. Hochspannung ausgesetzt wurde:
Raum sofort verlassen (evtl. Bildung von S_2F_{10}), Türe schliessen. Umgebung räumen, Alarmzentrale (Tel. 888) und Feuerwehr (Tel 0-118) alarmieren.
- bei Kontakt mit H_6Si_2:
Reaktion wenn möglich sofort unterbrechen, sonst Raum verlassen (Explosionsgefahr), Umgebung räumen. Alarmzentrale (Tel. 888) und Feuerwehr (Tel. 0-118) alarmieren.
- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Atemschutz. Nach Einatmen von SF_6 Opfer an die frische Luft bringen, tief atmen lassen, gegebenenfalls Atemspende und Arzt. Nach Einatmen von S_2F_{10} Opfer sofort an die frische Luft bringen. Schnellstmöglich Behandlung in der Notfallstation (Sanität Tel. 0-114). Nachbeobachtung! Bei Hautkontakt betroffene Stelle unter kaltes Wasser halten. Gleich behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: -
MAK-Wert: - , ungiftiges Stickgas
MAK-Wert für S_2F_{10}: 0,01 ppm

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.7. Schwefelwasserstoff

1. Chemische Charakterisierung

Formel: H_2S
Form: Gas, flüssig
Farbe, Geruch: farblos, nach faulen Eiern stinkend

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -86 °C
Siedepunkt: -60 °C
Dichte: 1,45 kg/m^3
Dampfdruck: 18 bar
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: 220 - 270 °C
Explosionsgrenze: 4,3 - 45,5 Vol.%

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Reagiert mit allen Oxidationsmitteln heftig unter Entzündung oder Explosion. Mit den meisten Metalloxiden Reaktion unter Entzündung, mit Salpetersäure oder Sauerstoff unter Explosion. Heftige Reaktion mit Halogenen (ausser Jod). Vorsicht bei unabsichtlicher Bildung von Schwefelwasserstoff (z.B. durch Reaktion von Sulfid und Säure). Bildet bei Verbrennung Schwefeldioxid.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: hochentzündlich, sehr giftig
R-Sätze: 13-26
S-Sätze: 7/9-25-45

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung:
B-Filter beim Einsatz von Gasmasken (grau). Bei längerem Umgang Atemschutz zu empfehlen (Wahrnehmungsschwelle!). Schutzbrille, Handschuhe.

- Arbeitshygiene:
Berührung mit den Augen und Haut vermeiden (Hautschutz). Nicht einatmen. Alle Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Erfrierungen mit „Brandwunden“.

- Brand- und Explosionsschutz:
Nicht mit Oxidationsmitteln, Metalloxiden, Salpetersäure und Sauerstoff in Kontakt bringen. Kontakt mit Halogenen vermeiden. Elektroinstallationen mit Ex-Schutz benützen.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei Gasaustritt:
Raum sofort verlassen! Umgebung räumen, Alarmzentrale (Tel. 888) evtl. Feuerwehr (Tel. 0-118) informieren.

- bei heftigem Reaktionsverlauf:
Reaktion wenn möglich sofort unterbrechen (Löschmittel: Kohlendioxid, Wassernebel). Sonst sofort den Raum verlassen, Umgebung räumen (Explosionsgefahr), Feuerwehr (Tel. 0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.

- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Vollatemschutz und Sicherheitsleine. Opfer sofort an die frische Luft bringen. Gegebenenfalls Atemspende, mit Sauerstoff beatmen. Arzt. Bei Hautkontakt betroffene Stelle unter kaltes Wasser halten. Behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: 2
MAK-Wert: 10 ppm
Geruch ab 150 ppm nicht mehr wahrnehmbar!

8. Angaben zur Ökotoxizität

wassergefährdend

7.2.8 Stickstoff

als Beispiel für tiefkalte Gase

1. Chemische Charakterisierung

Formel: N_2
Form: Gas, flüssig
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -210 °C
Siedepunkt: -195,8 °C
Dichte: 1,185 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: -
Explosionsgrenze: -

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Bei offener Anwendung wird aus der umgebenden Luft durch Wärmeaustausch Sauerstoff kondensiert, wodurch allmählich eine Anreicherung mit stark brandförderndem flüssigem Sauerstoff erfolgt. Dasselbe geschieht in der Flasche nach längerer Standzeit.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: -
R-Sätze: -
S-Sätze: -

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung:
Beim Umgang mit grösseren Mengen Atemschutz empfohlen. Handschuhe, Brille.

- Arbeitshygiene:
Stickstoff verhindert bei Anreicherung auf über 88 % die Atmung. Alle tiefkalten Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Frostschäden mit „Brandwunden“. Hautkontakt vermeiden.

- Brand- und Explosionsschutz:
Bei offener Anwendung oder sonstiger Berührungsgefahr mit leicht entzündlichen Stoffen nur frischgewonnen Stickstoff verwenden. Vorsicht bei Verwendung von kleinen Gefässen (Expansion um Faktor 500 bis 1000 beim Verdampfen).

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei Gasaustritt:
Hautkontakt vermeiden. Wenn möglich, Ventil schliessen. Sonst Flasche in Kapelle stellen, Fenster öffnen. Raum verlassen (Stickgas), Türe schliessen. Verantwortliche/n und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.

- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Atemschutz. Opfer sofort an die frische Luft bringen. Gegebenenfalls Atemspende, Arzt. Bei Hautkontakt betroffene Stelle unter kaltes Wasser halten. Behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: -
MAK-Wert: -

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.8. Stickstoffdioxid

(gilt allgemein für Stickoxide)

1. Chemische Charakterisierung

Formel: NO_2
Form: Gas, flüssig
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -11,3 °C
Siedepunkt: 21 °C
Dichte: 1,95 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: -
Zündtemperatur: -
Explosionsgrenze: -

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Reagiert mit organischen Stoffen (Öle, Fette etc.) schon bei Zimmertemperatur unter Entzündung oder Explosion. Beim Kontakt mit Wasserstoffverbindungen oder Wasser Bildung von Salpetersäure, stark korrodierend.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brandfördernd, ätzend, giftig
R-Sätze: 26-37
S-Sätze: 7/9-26-45

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung:
NO-Filter bei Gasmaske (blau), bei längerem Umgang Atemschutz empfohlen. Handschuhe, Brille.

- Arbeitshygiene:
Reizt Augen und Schleimhäute. Alle Flüssiggase führen bei Hautkontakt zu Erfrierungen mit „Brandwunden“. Hautkontakt vermeiden.

- Brand- und Explosionsschutz:
Nur absolut öl- und fettfreie Armaturen mit unbrennbaren Dichtungen verwenden.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei Gasaustritt:
Raum sofort verlassen (Vergiftungs-, Explosionsgefahr!). Umgebung räumen, Feuerwehr (Tel 0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.

- bei Flammrückschlag o.ä.:
Falls sofort möglich, Flaschenventil schliessen. Feuerlöscher Brandklasse C verwenden. Sonst Raum verlassen, Umgebung räumen, Feuerwehr (Tel 0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.

- Erste Hilfe:
Bergung nur mit Vollatemschutz und Sicherheitsleine. Opfer sofort an die frische Luft bringen, absolute Körperruhe. Gegebenenfalls Atemspende. In jedem Fall durch Arzt weiterbehandeln lassen (Gefahr eines Lungenödems). Bei Hautkontakt betroffene Stelle mit kaltem Wasser spülen. Behandeln wie Verbrennung. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: 2
MAK-Wert: 3 ppm
Vergiftungssymptome können erst nach vielen Stunden auftreten!

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

7.2.9. Wasserstoff

1. Chemische Charakterisierung

Formel: H_2
Form: Gas
Farbe, Geruch: farblos, geruchlos

2. Physikalische und sicherheitstechnische Angaben

Zustandsänderung: Schmelzpunkt: -259°C
Siedepunkt: -253°C
Dichte: 0,085 kg/m^3
Dampfdruck: -
Flammpunkt: -240°C
Zündtemperatur: 560°C
Explosionsgrenze: 4,0 - 75,6 Vol.%.

3. Gefährliche Reaktionen oder Zersetzungsprodukte

Wasserstoff-Luft-(resp. Sauerstoff-)Gemische sind innerhalb weiter Grenzen explosionsfähig (Knallgasreaktion!). Verbrennung mit sehr heisser Flamme (bis 3000°C). Sehr heftige Reaktion bis zur Explosion mit Sauerstoffverbindungen, Metall- und Nichtmetalloxiden. Mit Chlor Bildung von Chlorknallgasgemisch, bereits durch Sonnenlicht explosionsfähig. Insbesondere bei hohem Druck ist beim Austreten Selbstentzündung möglich.

4. Vorschriften

Gefahrenzeichen: brennbar
R-Sätze: 12
S-Sätze: 7/9

5. Schutzmassnahmen, Handhabung

- persönliche Schutzausrüstung: keine
- Arbeitshygiene: keine
- Brand- und Explosionsschutz:
Jegliche Zündquellen (auch heisse Flächen) in der Umgebung vermeiden. Entstehung von Knallgasgemischen und Ausströmen in Laboratmosphäre unterbinden. Nicht mit Sauerstoffverbindungen, Metall- oder Nichtmetalloxiden in Kontakt bringen. Nie Undichtigkeiten mit offener Flamme aufspüren. Elektroinstallationen mit Ex-Schutz benützen.

6. Massnahmen bei Unfällen oder Bränden

- bei Gasaustritt:
Selbstentzündung sehr wahrscheinlich (Vorsicht: Flamme fast unsichtbar, Annäherung nur mit dem Wind im Rücken). Wenn möglich, Flaschenventil schliessen. Falls Ventil nicht geschlossen werden kann, lüften und Umgebung aus sicherer Entfernung mit Wassernebel kühl halten. Feuerwehr (Tel. 0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren.
Falls keine Selbstentzündung, Gefahr von Knallgasexplosion. Wenn möglich, Zündquellen entfernen, Raum sofort verlassen, Feuerwehr (Tel. 0-118) und Alarmzentrale (Tel. 888) informieren. Umgebung räumen.
- Erste Hilfe:
Wasserstoff ist in hohen Konzentrationen ein ungiftiges Stickgas. Opfer an die frische Luft bringen, tief atmen lassen. Gegebenenfalls Atemspende, Arzt. Siehe auch Kapitel 2.

7. Angaben zur Toxikologie

Giftklasse: -, ungiftiges Stickgas
MAK-Wert: -

8. Angaben zur Ökotoxizität

keine

Literatur:
Roth, Weller: Gefährliche chemische Reaktionen; Band 2; ecomed; Landsberg/Lech; Loseblattsammlung ab 1982

7.3 Verhalten bei Unfällen

siehe Kapitel 2 und Kapitel 7.2

7.4 Entsorgung

siehe Kapitel 3.5

8. Arbeiten mit Organismen

Unter „Organismen" werden im folgenden biologische Einheiten verstanden, die einzeln nur in mikroskopischer Vergrösserung sichtbar sind, wie etwa Viren, Pilze oder Bakterien (Mikroorganismen) oder Teile davon sowie Kulturen tierischer oder pflanzlicher Zellen.

Die interdisziplinäre Schweizerische Kommission für Biologische Sicherheit in Forschung und Technik (SKBS) hat die Organismen in Übereinstimmung mit internationalen Richtlinien (z.B. NIH) nach ihrem Gefährdungspotential in **4 Risikogruppen** eingeteilt. Dabei entspricht die **Risikogruppe 1 dem geringsten** und die **Risikogruppe 4 dem höchsten Gefährdungspotential**. Als Abkürzungen für die Risikogruppen werden die Bezeichnungen L1, L2, L3 und L4 verwendet. Die Einteilung wurde folgendermassen vorgenommen:

Risikogruppe 1 (L1): kein Risiko einer Schädigung für Mensch und/oder Umwelt
Bsp.: E. coli B, Aspergillus oryzae, für Impfstoffe zugelassenen Viren, Kulturen aus Hühnereiern

Risikogruppe 2 (L2): geringes Risiko einer Schädigung für Mensch und/oder Umwelt
Bsp.: Enterococcus faecalis, Candida albicans, Influenzaviren, Giardia lamblia

Risikogruppe 3 (L3): mässiges Risiko einer Schädigung für Mensch und/oder Umwelt
Bsp.: Mycobacterium tuberculosis, Zymonema dermatitis, Hepatits-C-Virus

Risikogruppe 4 (L4): hohes Risiko einer Schädigung für Mensch und/oder Umwelt
Bsp.: Ebolavirus, Maul- und Klauenseuche, keine Bakterien und Pilze

Auf eine vollständige Auflistung wird aus Platzgründen verzichtet. Du findest sie in den Richtlinien für das Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen der SKBS (siehe Literatur).

An der ETHZ wird in praktisch allen (naturwissenschaftlichen) Instituten mit Organismen gearbeitet. Es werden zur Zeit nur Organismen der Gruppen L1 und L2 eingesetzt. Die Arbeit mit Organismen der Gruppe L2 bringt jedoch bereits geringe Risiken einer Schädigung mit sich und auch bei Organismen der Gruppe L1 sind zumindest aus hygienischen Gründen resp. zum Schutz der Mikroorganismen gewisse Vorsichtsmassnahmen angebracht.

Für jede Risikogruppe hat die SKBS spezielle Sicherheitsvorschriften erlassen, die sowohl die Infrastruktur des Labors als auch das Verhalten darin betreffen. Im folgenden wird zuerst auf das Verhalten in Laboratorien der Klasse 1 und 2 eingegangen. Es wurde versucht, die allgemein gültigen Vorgaben zusammenzufassen. In den einzelnen Laboratorien können zusätzliche Sicherheitsvorschriften gelten. Anschliessend werden spezielle Aspekte zum Verhalten bei Kontaminationen und Unfällen angesprochen und generelle Hinweise zur Entsorgung von Abfällen, die bei der Arbeit mit Organismen entstehen, gegeben.

Zum Arbeiten mit Chemikalien siehe Kapitel 3, bei allgemeinen Fragen zum Verhalten bei Unfällen Kapitel 2 und bei allgemeinen Fragen zur Entsorgung Kapitel 3.5.

8.1 Allgemeines Verhalten

- ➔ Jedes Labor, in dem mit Organismen gearbeitet wird, ist in verschiedene Räume oder Raumabgrenzungen aufgeteilt, die verschiedenen Zwecken dienen, so z.B.
  - allgemeine Laborarbeiten
  - Schreibarbeiten
  - Pausen
  - Arbeiten mit unbedenklichen Organismen
  - Arbeiten mit Organismen der Gruppe L2

  Benutze für jede Arbeiten den Ort, der dafür vorgesehen ist. So sind z.B. Schreibarbeiten in der Kapelle zu unterlassen (Kontaminationsverschleppung).
- ➔ **Lebensmittel, Getränke und Tabakwaren** dürfen im Labor weder aufbewahrt noch konsumiert werden.
- ➔ Trage im Organismen-Labor einen **Labormantel und Brille.** Trage, wenn nötig, Handschuhe (siehe auch Kapitel 3.4).
- ➔ **Informiere Dich vor Beginn der Arbeit** über die zu verwendenden Organismen und deren Gefährdungspotential. Welcher Risikogruppe gehören sie an? Bei der Anwendung gentechnischer Verfahren muss auch die Risikogruppe des neuen, genetisch veränderten Organismus abgeklärt werden. Bei Unsicherheiten Verantwortliche/n fragen.
- ➔ Vergewissere Dich, dass der für die Arbeit **vorgesehene Raum/Ort** der Risikogruppe des Organismus' entspricht.
- ➔ Verschaffe Dir einen **Überblick** über die anderen Organismen, mit denen im selben Raum gearbeitet wird.
- ➔ **Pipettiere nie mit dem Mund**, verwende Pipettierhilfen. Entsorge die Pipetten nach Gebrauch im Desinfektionstank.
- ➔ Lasse auf **gemeinsam genutzten Flächen** kein Material stehen. Desinfiziere die Fläche nach jedem Gebrauch.
- ➔ Desinfiziere und reinige (in dieser Reihenfolge) sämtliche Kontaktstellen von **Geräten** nach jedem Kontakt mit Organismen.
- ➔ Arbeite beim **Überimpfen** von Organismen, wenn immer möglich, in der Laminar-Flow-Box.
- ➔ Räume Deine **Organismen-Arbeitsfläche** jeden Tag ab und desinfiziere sie. Entsorge altes, nicht mehr benötigtes Organismen-Material (siehe Punkt 8.4).
- ➔ **Kontaminierte Materialien** müssen vor der Entsorgung autoklaviert werden.

8.2 Verhalten im L2-Labor

- ➔ Arbeiten im L2-Labor sind **nur mit Spezialbewilligung** und nach **Einweisung** durch den Biosafety Official gestattet.
- ➔ **Alle allgemeinen Hinweise (siehe oben) gelten auch für L2-Laboratorien**.
- ➔ Personen mit **offenen Hautverletzungen**, insb. an den Händen, sollten nicht in L2-Laboratorien arbeiten.
- ➔ Das Auf- und Abtragen von **Kosmetika** (auch Feuchtigkeitscrème u.ä.) ist nicht gestattet.
- ➔ Trage bei der Arbeit im L2-Labor **Laborschutzkleidung** und beim Kontakt mit infektiösen oder giftigen Agenzien entsprechende Handschuhe (evtl. doppelt) und eine Schutzbrille.
- ➔ Vor dem Betreten des L2-Labors **Hände waschen und desinfizieren**.
- ➔ Vermeide den **Hautkontakt** mit Material, das Organismen mit Gefährdungspotential enthalten kann. Betroffene Hautstellen sofort desinfizieren.
- ➔ Vermeide möglichst die **Benützung von spitzen oder scharfen Gegenständen** (Verletzungs- und Infektionsgefahr).

Vor Beginn der Arbeit:

- ➔ Überprüfe, ob die **Abfallbehälter** noch nicht voll sind.
- ➔ **Desinfiziere** den Arbeitsplatz und die Haube der Laminar-Flow-Box.
- ➔ Vergewissere Dich, **dass alle benötigten Materialien in ausreichender Menge** zur Verfügung stehen.

Während der Arbeit:

- ➔ Ordne sämtliche Materialien so an, dass Du immer die **Übersicht** darüber hast, was kontaminiert ist und was nicht.
- ➔ Materialien, die Organismen der **Gruppe L2** enthalten, dürfen **nur in geschlossenen Gefässen** aus der Laminar-Flow-Box genommen werden.
- ➔ Benützte **nur Plastikpipetten**. Kontaminierte Pipetten in geeigneter Weise desinfizieren.
- ➔ Andere **kontaminierte Materialien** ebenfalls desinfizieren (z.B. in Plastikbehälter mit Desinfektionsmittel geben). Kleenex und Handschuhe in separatem Behälter entsorgen.
- ➔ Entferne **verschüttete Materialien** sofort mit einem Kleenextuch, das in Desinfektionsmittel getränkt wurde.
- ➔ Vermeide möglichst die Produktion von **Aerosolen** (Rühren, Zentrifugieren, Pipettieren etc.). Gefässe, in denen Aerosole entstanden sein könnten, nur in der Laminar-Flow-Box öffnen.

- ➔ Entsorge **leere Glaswaren etc.** sofort. Behalte nur diejenigen Materialien in der Laminar-Flow-Box, die im Moment benötigt werden.
- ➔ Berühre die **Okulare eines Mikroskops** nie mit Handschuhen, die bei der Arbeit mit Organismen verwendet wurden.

Nach der Arbeit:

- ➔ **Handschuhe** (nur nicht kontaminierte) ausziehen und zum zu autoklavierenden Abfall geben. **Hände waschen und desinfizieren**.
- ➔ Organismen, die gelagert werden sollen, in geeignete Behälter geben.
- ➔ Behälter mit benutzen Pipetten und andere **Abfälle** an den dafür vorgesehenen Ort stellen oder zum Autoklavieren bringen.
- ➔ **Abfallbehälter** kontrollieren und, falls nötig, auswechseln und volle zum Autoklavieren bringen.
- ➔ Laminar-Flow-Box und Haube in geeigneter Weise **desinfizieren** (UV-Licht etc.).
- ➔ **Vor dem Verlassen des Labors kontrollieren:**
  - – Handschuhe ausgezogen?
  - – Wasserbad ausgeschaltet?
  - – Mikroskope und andere Geräte ausgeschaltet?
  - – Vakuum ausgeschaltet?
- ➔ Verwende für den **Transport** von Materialien, die Organismen der Gruppe L2 enthalten, sicher verschliessbare und bruchsichere Verpackungen. Befolge die speziellen Anweisungen des Biosafety Official.
- ➔ **Vor dem Verlassen des L2-Labors Laborschutzkleidung ablegen**.

8.3 Verhalten bei Unfällen und Kontaminationen (L2)

8.3.1 Kontaminationen (L2)

- ➔ **Kontaminierte Handschuhe** sofort in Behälter mit Desinfektionsmittel geben.
- ➔ **Kontaminierten Labormantel** in Abfallsack geben und vor der Reinigung autoklavieren.
- ➔ **Kontaminiertes Areal** in geeigneter Weise desinfizieren. Kontaminiertes Material wenn möglich zusätzlich autoklavieren.
- ➔ **Starke Kontaminationen** der/dem Verantwortlichen **melden**.
- ➔ Beim **Bruch eines Gefässes mit Organismen der Gruppe L2** ausserhalb des L2-Laborbereichs kontaminierten Bereich möglichst eingrenzen, Verschleppung der Kontamination verhindern und sofort Verantwortliche/n informieren.

8.3.2 Unfälle

- ➔ **Kontaminierte Hautstellen** sofort desinfizieren und anschliessend abwaschen. Bei **blutenden Verletzungen** nach Möglichkeit Selbstreinigung durch forcierten Blutaustritt fördern. Anschliessend Wunde desinfizieren und wie üblich versorgen.
- ➔ **Verletzungen** sofort dem/der Verantwortlichen und der Abt. SGU **melden**.

Unfälle im L2-Labor:

- ➔ Erste Hilfe **im** L2-Labor leisten.
- ➔ Ist das Opfer gehfähig, anschliessend L2-Laborbereich verlassen, gegebenenfalls Arzt aufsuchen. Sonst Sanität (Tel.: 0-114) verständigen.
- ➔ Liegt ausser der Verletzung eine **Kontamination** vor, medizinische Erstversorgung, falls nötig, im L2-Labor durchführen. L2-Labor erst nach Desinfizierung verlassen.
- ➔ **Erste Hilfe:**
  - **Wenn Flüssigkeiten mit Organismen der Gruppe L2 in den Mund gelangen:**

  Sofort ausspucken und mit einer Desinfektionslösung 3 Minuten spülen. Anschliessend Mund mit klarem Wasser spülen und Notfallstation aufsuchen.
  - **Wenn Flüssigkeiten mit Organismen der Gruppe L2 in die Augen gelangen:**

  Augen mit Augenspülflüssigkeit oder Wasser gründlich spülen. Anschliessend Notfallstation aufsuchen.
- ➔ Allgemeine Hinweise zur Ersten Hilfe: siehe Kapitel 2.

8.4 Entsorgung

- ➔ **Alle Materialien, die mit Organismen in Kontakt gekommen sind**, müssen **vor der endgültigen Entsorgung sterilisiert** werden. Im allgemeinen wird dazu ein Autoklav benützt. Informiere Dich vor Beginn der Arbeit über die zu verwendende Kennzeichnung der Abfälle und andere Modalitäten, die in Deinem Labor gelten.

Literatur:

Interdisziplinäre Schweizerische Kommission für Biologische Sicherheit in Forschung und Technik (SKBS): Richtlinien für das Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen. Zürich; 1992

9. Arbeiten mit Laser

Beim Begriff „Laser“ handelt es sich um eine Abkürzung für „**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation“. Lasergeräte dienen der Verstärkung von Licht einer bestimmten Wellenlänge bzw. der Erzeugung eines scharf gebündelten Lichtstrahls gleicher Wellenlänge. Zur Erzeugung des Laserlichtes wird ein Medium (z.B. ein Rubinkristall beim Feststofflaser) in einen angeregten Zustand versetzt, aus dem es unter Lichtemission in den ursprünglichen Zustand zurückkehrt. Das emittierte Licht wird verstärkt und gebündelt.

Laser werden an der ETHZ z.B. zur Materialbearbeitung und -prüfung und für Struktur- und Strömungsanalysen eingesetzt. Daneben begegnest Du schwächeren Lasern auch in Laserdruckern, CD-Spielern oder Laserpointern.

Laser werden nach der Stärke ihrer Leistungsdichte (Leistung und Strahlendurchmesser) in **4 Klassen** eingeteilt:

Klasse 1: < 1 mW	ungefährlich für das menschliche Auge Bsp.: Laserpointer
Klasse 2: bis 50 mW	ungefährlich für das menschliche Auge bei kurzzeitiger Exposition durch Lidschlussreflex (bis 0,25 Sekunden) Bsp.: Laserdrucker
Klasse 3A: bis 500 mW	ungefährlich für das menschliche Auge bei Bestrahlungszeiten von 0,25 Sekunden, gefährlich für das menschliche Auge bei Verwendung von optischen Instrumenten, die den Strahlendurchmesser verkleinern Bsp.: technische Anwendungen, Forschung etc.
3B:	gefährlich für das menschliche Auge und in besonderen Fällen für die menschliche Haut Bsp.: technische Anwendungen, Forschung etc.
Klasse 4: > 500mW	sehr gefährlich für das menschliche Auge und gefährlich für die menschliche Haut Bsp.: technische Anwendungen, Forschung etc.

An der ETHZ sind also sämtliche Laserklassen vertreten. Im folgenden wird jedoch vor allem auf die Gefährdung durch Laser der Klassen 3 und 4 eingegangen.

Die direkte Gefährdung des menschlichen Auges durch Laser ergibt sich durch die extrem hohe Leistungsdichte des Laserstrahls (siehe unten). Während eine konventionelle Lichtquelle in den Vollraum abstrahlt, ist der Laserstrahl auf einen sehr kleinen Raumwinkel gebündelt.

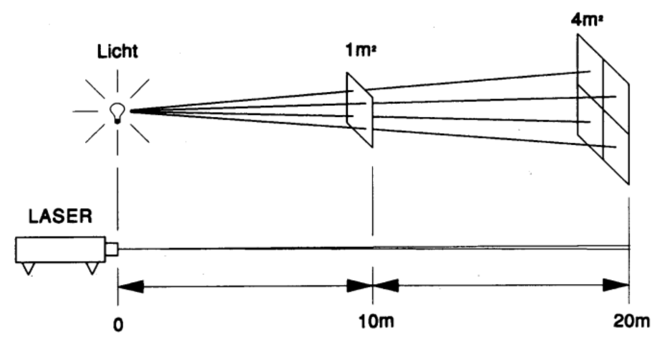


Abb. 9.1: Vergleich des Strahlungswinkels von konventionellen Lichtquellen und Laser

Durch die hohe Leistungsdichte kann z.B. auch reflektierte Strahlung gefährlich sein. Die Schwere der Schädigung ist dabei abhängig von:

- der Leistung der Strahlung,
- der verwendeten Wellenlänge,
- der Einwirkzeit des Laserlichtes und
- dem Absorptionsverhalten des bestrahlten Materials.

Die Wellenlänge ist für die Region, die im Auge geschädigt wird, entscheidend. Strahlung im sichtbaren und angrenzenden nahen Infrarotbereich (400 bis 1400 nm) kann die Retina gefährden, UV- und ferne Infrarot-Strahlung (100 bis 400 resp. über 2500 nm) hingegen die Linse und die Cornea.

Die **grösste Gefahr für das Auge** geht von **Lasern mit hoher Energiedichte** und **Lasern mit Wellenlängen zwischen 400 und 1400 nm** aus. Einerseits wird Licht dieser Wellenlängen, da es bis zur Retina gelangt, durch die lichtbrechenden Augenmedien noch weiter fokussiert. Andererseits ist Licht mit Wellenlängen von über 700 nm für das menschlichen Auge nicht sichtbar, was die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls zusätzlich erhöht. Hohe Energiedichten bewirken eine Gewebeverdampfung, in diesem Fall z.B. eine Netzhautkoagulation. Besonders gefährlich sind in diesem Zusammenhang die gepulsten Laser, da sie kurzzeitig Leistungen von bis zu mehreren TW (= 10^{12} Watt) erzeugen können. Die Auswirkung eines Netzhautschadens hängt vom Ort der Schädigung ab. Besonders schwerwiegende Schäden treten beim direkten Blick in den Strahl auf, da in diesem Fall das Licht auf den sogenannten „Gelben Fleck" fokussiert wird, dem Teil der Netzhaut, mit dem man scharf sieht. Je weiter die Schädigung vom Gelben Fleck entfernt ist, desto weniger wird das Sehvermögen beeinträchtigt.

Laserstrahlung übt auch auf die **menschliche Haut** einerseits photochemische und andererseits thermische Wirkungen aus. Hautschäden, die durch Laser verursacht werden können, sind in aller Regel reversibel. Meist wird nur die Epidermis geschädigt. Licht mit Wellenlängen von 400 bis 1400 nm kann jedoch bis in die Subcutis vordringen, weshalb auch mutagene Wirkungen nicht ausgeschlossen werden können.

Von einem Laser gehen jedoch auch **indirekte Gefahren** aus. So ist der Wirkungsgrad der Energieumwandlung sehr gering, weshalb die meisten Geräte mit Hochspannung betrieben werden. Verschiedene Komponente des Lasers, z:B. das angeregte Medium oder optische Komponenten, können toxisch sein. Bei der Bearbeitung von Materialien (z.B. beim Schneiden von Metallen) können ebenfalls toxische Stoffe entstehen. Nicht zu vergessen ist auch die immer vorhandene Brand- und Explosionsgefahr, die sich durch die mögliche Entzündung von Flüssigkeiten oder Gasen bei der Bestrahlung mit Laser ergibt.

Laser sind also nicht ganz ungefährliche Geräte. Die nachfolgenden allgemeinen Verhaltensregeln helfen Dir, Gefährdungen und Unfälle mit Lasern zu vermeiden. In Kapitel 9.2 wird das richtige Verhalten bei Unfällen mit Lasern erläutert. Bei allgemeinen Fragen zur Ersten Hilfe siehe Kapitel 2.

9.1 Allgemeines Verhalten

- ➔ Arbeite **nie alleine** mit Lasern (Ausnahme: fest installierte Geräte).
- ➔ Trage bei der Arbeit mit Lasern **konsequent Laserschutzbrillen** für den entsprechenden Lasertyp. Die Brillen befinden sich beim Eingang des Raumes.
- ➔ Führe Justierarbeiten nur mit der entsprechenden **Laserjustierbrille** durch.
- ➔ **Blicke nie direkt in Richtung eines entgegenkommenden Laserstrahls**.
- ➔ Sorge wenn immer möglich für eine **ausreichende Beleuchtung**. Die Pupillen schliessen sich bei ausreichender Helligkeit und damit sinkt die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls.
- ➔ Trage bei der Arbeit mit Lasern **keine Uhren, Ringe, Brillen** oder anderen reflektierende Objekte, die den Laserstrahl ablenken könnten.
- ➔ Da bei der Arbeit mit Laser oft im Dunkeln gearbeitet wird, kann **Ordnung im Labor** Unfälle verhüten (Stolpern etc.).
- ➔ **Geräteaufbau:**
  - Der Laserstrahl darf nur ober- oder unterhalb der **Augenhöhe** verlaufen. Falls der Aufbau eine Laserstrahllage auf Augenhöhe unbedingt verlangt, müssen Abdeckungen angebracht werden, die den Strahlengang blockieren.
  - Richte nie einen Laserstrahl auf einen Raumeingang, ein Fenster (Reflexion) oder Chemikalien (Brand- und Explosionsgefahr).
  - Faustregel: **Kein Laserstrahl verlässt unkontrolliert die Tischberandung**. Streuende und nicht spiegelnde Schutzschilder und absorbierende Umhänge zum Schutz von BesucherInnen verwenden.
  - Sollte ein Laserstrahl die Tischberandung verlassen müssen, darf er **nur auf nichtreflektierende Wandelemente auftreffen**.
- ➔ Beachte unbedingt die am Eingang des Laserlabors angebrachten **Warn-lampen**. Betätige diese gegebenenfalls selbst.

  Dabei gilt:

  Rot: **Nicht eintreten**. Klopfen und Warten.

  (Bei Gefährdung von BesucherInnen durch Arbeiten mit energie-reichen Laserstrahlen, bei Messungen, Aufnahmen, Eichungen etc.)

9.2 Verhalten bei Unfällen

Wenn ein Laserstrahl eine Verletzung verursacht hat, gibt **es keine Möglichkeit, den Schaden durch möglichst schnelle Erste Hilfe zu minimieren**! Wichtiger als das sofortige Aufsuchen einer Notfallstation ist es deshalb zunächst, weitere Unfälle zu vermeiden. Befolge deshalb die folgenden Hinweise:

- ➔ Ruhig bleiben, nicht sofort weglaufen.
- ➔ **Laser ausschalten**. **Andere** mögliche **Gefahrenquellen** für eintretende BesucherInnen ebenfalls **ausschalten**.
- ➔ **Verantwortliche/n informieren**
- ➔ Erst jetzt in Begleitung die Augenklinik aufsuchen (Plan siehe S. 6).
- ➔ Nach Abschluss der Untersuchung Verantwortliche sowie die Abteilung SGU über das Ausmass des Schadens informieren.

Verbrennungen der Haut:

- ➔ Betroffene Stelle zur Schmerzlinderung möglichst schnell in kaltes Wasser tauchen. So lange im kalten Wasser lassen, bis die Schmerzen nachlassen.
- ➔ Anschliessend vorgehen wie oben beschrieben.
- ➔ Verbrennungen, die von einem Laser verursacht wurden, sollten in jedem Fall durch einen Arzt behandelt werden (Plan der Notfallstation siehe S. 6).
- ➔ Nach Abschluss der Untersuchung Verantwortliche sowie die Abteilung SGU über das Ausmass des Schadens informieren.

Literatur:

VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien (Hrsg.): Sicherheit in der Lasermaterialbearbeitung. VDI-Verlag; Düsseldorf; 1990

10. ARBEITEN IN WERKSTÄTTEN

An der ETHZ kannst Du in der Freizeitwerkstätte (HG D 38.2) selber mechanische Arbeiten wie Schweissen oder Sägen durchführen. In den Lehrlingswerkstätten auf dem Hönggerberg werden Lehrlinge in mechanischen Arbeiten ausgebildet. Auch bei der Herstellung von Modellen für das Architekturstudium müssen einfache mechanische Arbeiten wie Schneiden oder Sägen beherrscht werden. Gerade in diesem Bereich kommt es immer wieder zu Unfällen wie z.B. der Abtrennung einer Fingerbeere, da die Gefährlichkeit scharfer Schneidinstrumente oft unterschätzt wird (siehe dazu 10.1.1).

In diesem Kapitel findest Du Hinweise zum Verhalten in Werkstätten und was Du beachten musst, um Unfälle zu vermeiden. Über das richtige Verhalten bei Unfällen informiert Dich Kapitel 2. Bei Fragen zur Entsorgung von Abfällen siehe Kapitel 3.5.

10.1 Allgemeines Verhalten

- ➔ Trage in Werkstätten grundsätzlich eine **Schutzbrille**.
- ➔ Zum Schutz der Kleidung und um zu verhindern, dass nicht enganliegende Kleidungsstücke von einer Maschine erfasst werden, wird das Tragen **von Überkleidern oder -mänteln** empfohlen.
- ➔ Reduziere **Arm-, Hals- und Fingerschmuck** auf ein Minimum.
- ➔ Gehörschäden sind irreversibel! **Schütze Dein Gehör** deshalb immer, wenn Du im Bereich lauter Maschinen arbeitest (siehe auch Kapitel 1.2.4). Trage den Gehörschutz an lauten Arbeitsplätzen konsequent, bereits kurze Schallereignisse können zu Schäden führen. Pfeifen oder Summen in den Ohren in ruhiger Umgebung sind bereits Zeichen einer leichten Schädigung.
- ➔ Schliesse **Schubladen** von Werkzeugkästen u.ä. wieder, sobald Du das Gewünschte herausgenommen hast (Verletzungsgefahr für Dich und andere).
- ➔ Entferne auf dem Boden herumliegende Späne, Materialreste, Öl- oder Wasserlachen etc. immer sofort (Rutsch-, Stolpergefahr).
- ➔ **Unterbrich vor jeder Manipulation** an einem Gerät oder einer Maschine die **Stromzufuhr** (Kabel oder Sicherung). Falls die Sicherung entfernt wird, **Hinweistafel** am Sicherungskasten anbringen, damit niemand aus Versehen die Sicherung zu früh wieder einschraubt.

10.1.1 Scharfe Schneidwerkzeuge

- ➔ Beim Arbeiten mit scharfen Schneidwerkzeugen ist vor allem die **richtige Schneidtechnik** wichtig:

  1. Die Fingerspitzen des Zeige- und Mittelfingers müssen auf gleicher Höhe sein wie die Spitze des Daumens.
  2. Die Finger sollten zum Festhalten des bearbeiteten Stücks gekrümmt und nicht gestreckt werden.

3. Die Klinge sollte, wenn möglich, nicht direkt den Fingerspitzen entlang sondern einige Zentimeter davor geführt werden (unter Umständen Hilfsmittel, wie z.B. Begleitschienen, verwenden).

10.1.2 Druckluft

Druckluft wird oft zum Abblasen von Werkstücken oder Arbeitsplätzen benützt, um diese von Spänen und anderem Schmutz zu reinigen.

- ➔ Trage beim Arbeiten mit Druckluft immer eine **Schutzbrille** (Gefahr von Augenverletzungen durch wegfliegende Teilchen).
- ➔ **Blase niemals Dich selbst oder andere mit Druckluft an**. Es kann dabei zu schweren Verletzung wie z.B. Gehörverlust oder bei kleinen Wunden zu Schwellungen ganzer Körperteile kommen.
- ➔ Sauge Maschinen ab, bevor Du sie mit Druckluft reinigst.
- ➔ Vorsicht beim Entfernen **von Spänen aus rostfreiem Stahl**. Nicht mit blossen Händen anfassen!

10.1.3 Schweissen, Flammlöten

- ➔ Trage beim Durchführen von Schweiss- oder Flammlötarbeiten immer eine spezielle **Schweisserschutzbrille**. Es besteht sonst die Gefahr von Blendung oder Augenentzündung durch die starke Lichtstrahlung der Flamme und der Schweissstelle (hoher UV-Anteil).
- ➔ Da beim Gasschweissen mit glühenden Metallspritzern oder -tropfen zu rechnen ist, muss ein **Übermantel** getragen werden. Achte darauf, dass er öl- und fettfrei ist. Auf das Tragen leichtentzündlicher Textilien (Kunstfasern) sollte verzichtet werden.
- ➔ Achte darauf, dass in der **Umgebung der Schweiss- oder Flammlötanlage keine Öl- oder Lösungsmittelbehälter** stehen. Arbeite nicht im Bereich brennbarer Teile.
- ➔ **Schraubverbindungen** an Schweissanlagen **niemals ölen**.
- ➔ Lege den Brenner nicht auf brennbare Teile, Putzlappen o.ä. ab, sondern hänge ihn an den dafür vorgesehen Platz.
- ➔ **Schläuche** von Brenneranlagen dürfen nicht so **ausgelegt** werden, dass Du oder andere darüber stolpern könnten.
- ➔ Achte darauf, dass die **Schläuche in einwandfreiem Zustand** sind. Melde Risse oder andere Beschädigungen sofort dem/der Verantwortlichen (Verletzungs- und Explosionsgefahr).

Inbetriebnahme von Schweissposten:

1. Öffne die Ventile der Gasflaschen langsam und ruckfrei (nur von Hand!). Prüfe anschliessend, ob die Schraubverbindung zwischen Flaschenventil und Druckreduzierventil (siehe Kapitel 7.1.6, S. 65) dicht ist (z.B. mit Seifenwasser, nie mit offener Flamme). Undichte Stellen sind sofort abzudichten!
2. Brenngasflaschenventil öffnen (evtl. benötigte Vierkant-Steckschlüssel stecken lassen).
3. Arbeitsdruck einstellen, Kontrolle auf dem Arbeitsdruckmanometer (auf Brennereinsatz angegeben oder in der Betriebsanleitung). Nicht zu hoch einstellen, da Gefahr von Schlauchexplosionen!
4. Sauerstoffventil öffnen
5. Brenngasventil öffnen, Gasgemisch entzünden, Flamme regulieren.

Ausserbetriebsetzen von Schweissposten:

1. Brenngasventil schliessen (Flamme erlischt)
2. Gasschläuche entleeren (Flaschenventile schliessen, Brenngasventil öffnen und schliessen, Sauerstoffventil öffnen und schliessen; nie beide Ventile zusammen öffnen, bei Wiederinbetriebnahme Explosionsgefahr!)
3. Mit den Regulierschrauben Membranen in den Druckreduzierventilen entlasten.

Literatur:

Inspektorat des Schweiz. Vereins für Schweisstechnik: Brenngas-Sauerstoff-Anlagen; Schweissen, Schneiden und verwandte Verfahren; SBA Nr. 128.d; SUVA; Luzern; 1994

10.1.4 Maschinen mit umlaufenden Teilen

- ➔ Trage bei der Arbeit an Maschinen mit umlaufenden Teilen ein **enganliegendes Überkleid** ohne Gürtel. Knöpfe die Ärmel zu oder schlage sie **nach innen** hoch.
- ➔ **Lange Haare** müssen so getragen werden, dass sie unter keinen Umständen mit rotierenden Maschinenteilen in Berührung kommen können (z.B. Mütze, Duttfrisur).
- ➔ Trage **keine Handschuhe**, sie könnten von der Maschine erfasst werden.
- ➔ Stütze Dich nicht mit den Händen auf Maschinenteilen oder Arbeitsstücken ab. Fasse **niemals mit der Hand in eine laufende Maschine** (z.B. mit einem Lappen an eine umlaufende Spindel).
- ➔ Arbeite nie ohne Schutzverdeck, Sicherheitsgitter, an ungesicherten Drehherzen o.ä.
- ➔ Entferne den **Drehfutterschlüssel**, bevor Du die Maschine in Gang setzt (Verletzungsgefahr durch wegfliegenden Schlüssel).
- ➔ Achte auf eine **sichere Befestigung der Werkstücke** (Schraubstock etc. verwenden).
- ➔ Vermeide den direkten Hautkontakt mit Kühlmitteln (Bohrwasser, Schneidöl etc.; Hautschutzsalben benützen).
- ➔ Zum **Entfernen von Spänen** Handschuhen benützen, insb. Vorsicht bei Spänen aus rostfreiem Stahl (Gefahr von Handverletzungen).

10.2 Verhalten bei Unfällen

siehe dazu Kapitel 2.

10.3 Entsorgung

siehe dazu Kapitel 3.5